

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Увеличение эффективности технологических процессов жизненного цикла корпуса пульта управления</b>

УДК 621.316.345

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дронов В.В.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	к.т.н.		

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Забродина И.К.	к.пед.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения
	<i>Общекультурные</i>
P1	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, собирать и эффективно выбирать информацию с применением современных информационных технологий, самостоятельно обучаться новым методам исследования, осваивать новые научные и научно-производственные профили своей профессиональной деятельности.
P2	Способность проявлять инициативу, работать в команде, общаться устно и в письменной форме, адаптироваться к реализации межкультурных и профессиональных коммуникаций на основе использования английского языка, критически оценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности.
P3	Способность использовать правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности при разработке и реализации технологий изготовления и сборки изделий, в том числе с учетом социальных, экологических и экономических аспектов работы выпускника в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства.
	<i>Профессиональные</i>
	<i>Проектно-конструкторская деятельность</i>
P4	Способность формулировать цели проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей, определять приоритеты решения задач, оценивать инновационный потенциал и риски коммерциализации разрабатываемых проектов.
P5	Способность проводить расчеты по проектам в области разработки новых технологий в машиностроении, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу эффективности проектируемых и реализуемых технологий изготовления продукции, средствам и системам оснащения.
P6	Способность выполнять разработку функциональной структуры и геометрии изделий машиностроения, их элементов, технологического оборудования, средств и технологий проектирования с использованием CAD и CAE модулей современных САПР.
	<i>Производственно-технологическая деятельность</i>
P7	Способность разрабатывать и внедрять новые эффективные технологии изготовления изделий машиностроения на

Код	Результат обучения
	высокотехнологичном оборудовании с применением САМ модулей современных САПР.
P8	Способность участвовать в реализации программ испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий в современном машиностроении.
P9	Способность оценивать производственные и непроизводственные затраты на обеспечение требуемого качества изделий машиностроения, стоимость объектов интеллектуальной деятельности, управлять поступающими на предприятие материальными ресурсами, производством и жизненным циклом продукции, и ее качеством.
P10	Способность разрабатывать мероприятия по обеспечению надежности и безопасности машиностроительного производства, стабильности его функционирования на основе современных систем и международных стандартов.
	<i>Организационно-управленческая деятельность</i>
P11	Использовать международный опыт проектного, технологического менеджмента и управления бизнес-процессами для ведения инновационной инженерной деятельности в области обеспечения эффективности технологических процессов жизненного цикла изделий.
P12	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.
	<i>Научно-исследовательская деятельность</i>
P13	Способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, разрабатывать методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок, готовить отдельные задания для исполнителей, научно-технические отчеты, обзоры и публикации по результатам выполненных исследований.
P14	Способность выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств; разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение машиностроительных производств, профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ С.Е.Буханченко

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна

Тема работы:

<b>Увеличение эффективности технологических процессов жизненного цикла корпуса пульта управления</b>
--

Утверждена приказом директора ИШНПТ (дата, номер)	Приказ №59–69/с от 28.02.2020
---	-------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования:</b> корпус пульта.</p> <p><b>Предмет исследования:</b> технологические процессы жизненного цикла корпуса.</p> <p><b>Цель:</b> повышение эффективности этапов жизненного цикла корпуса пульта за счет печати на 3Д-принтере.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Аналитический обзор по теме исследования.</li> <li>2 Постановка задач исследования.</li> <li>3 Планирование разделов диссертации.</li> <li>4 Решение поставленных задач.</li> <li>5 Проработка разделов диссертации.</li> <li>6 Оформление диссертации.</li> <li>7 Подготовка презентации.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Презентация</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Доцент ОСГН Подопригора И.В. к.э.н</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Доцент ООД Романцов И.И. к.т.н</p>
<p><b>«Иностранный язык»</b></p>	<p>Доцент ОИЯ Забродина И.К. к.пед.н</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Литературный обзор</p>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОМ	Дронов В.В.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско– технологическое обеспечение машиностроительных производств

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	...
2. Разработка устава научно-технического проекта	...
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Подопригора И.В.	к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско– технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Увеличение эффективности технологических процессов жизненного цикла корпуса пульта управления	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><b>Объект данного исследования</b> – жизненный цикл корпуса пульта управления.</p> <p><b>Рабочая зона</b> Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работу с персональным компьютером; работу с оборудованием – с 3Д-принтером, паяльной станцией; работу с растворителем лимоненем, с ацетоном; Площадь отапливаемого помещения 26,5 м<sup>2</sup>, освещение смешанное, наличие ПК и рабочего стола оператора.</p> <p><b>Области применения</b> – машиностроение, литейное производство, электроника, образование и исследования.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ</p> <p>Об охране окружающей среды от 10.01.2002 N 7–ФЗ</p> <p>О лицензировании отдельных видов деятельности от 08.08.2001 № 128–ФЗ</p> <p>ТОИ Р–45–084–01</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03</p> <p>СанПиН 2.2.4.548–96</p> <p>СанПиН 2.2.4.3359–16</p> <p>СанПиН 2.2.4.1191–03</p> <p>СанПиН 2.1.7.1322</p> <p>ГОСТ 12.2.032–78</p> <p>ГОСТ 12.1.002–84</p> <p>ГОСТ 12.1.019–2017</p> <p>ГОСТ 12.1.007–76</p> <p>ГОСТ 12.1.004–91</p> <p>ГОСТ 12.0.003–2015</p> <p>ГОСТ 12.1.005–88</p> <p>ГОСТ 12.1.044–2018</p> <p>ГОСТ 2768–84</p>

	ГОСТ Р МЭК 61140–2000 СНиП 23–05–95 СП 52.13330.2016
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: повышенная/ пониженная температура; повышенная/ пониженная влажность воздуха; нехватка естественного света; повышенная контрастность; повышенное электромагнитное излучение; малая подвижность глазных мышц при долговременном сильном зрительном напряжении; монотонность работы; токсичное воздействие веществ (ацетона, лимонена); Опасные факторы, относящиеся к оборудованию: возможность поражения электрическим током, пожаровзрывоопасность при нарушении правил хранения и работе с веществами; Рассмотреть: требования к технике безопасности при работе с вредными веществами; требования электробезопасности. Предлагаемые средства защиты на участке с химическими операциями: коллективная защита (вентиляция, местные вытяжки); индивидуальные средства защиты (перчатки, защитная одежда, очки, маска).
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Влияние объекта на окружающую среду, влияние растворителя лимонена на гидросферу. Меры для защиты окружающей среды. Методы утилизации, ТБО, оргтехники, макулатуры, люминесцентных ламп.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС - возгорание оборудования, пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 131 страница, 42 рисунка, 37 таблиц, 14 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: жизненный цикл, корпус, 3Д–печать, FDM–технология, технологический процесс, производство.

Объект исследования: корпус пульта управления.

Предмет исследования: технологические процессы жизненного цикла корпуса.

Цель работы – повышение эффективности этапов жизненного цикла корпуса пульта управления за счет печати на 3Д–принтере.

В процессе исследования проводились работы по анализу существующих конструкций корпусов пультов, предназначенных для управления подъемными устройствами, технологий изготовления, этапов технологического процесса, свойств материалов, применяемых для изготовления изделия, выбор альтернативного способа производства. Анализ влияния внесенных изменений на жизненный цикл изделия.

В результате исследования предложен метод 3Д–печати для изготовления корпуса пульта; разработана конструкция и параметрическая модель корпуса для 3Д–печати, соответствующая ТЗ на разработку.

Степень внедрения: научная разработка практического значения.

Область применения: мелкосерийное производство специализированных корпусов и других подобных изделий.

Экономическая эффективность/значимость работы состоит в сокращении сроков проектирования, изготовления корпуса пульта за счет изменения технологии производства, в снижении затрат на производство изделия.

В будущем планируется практическое применение результатов исследования на одном из предприятий, специализирующимся на производстве оборудования связи.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013. Для создания параметрических моделей использовался САПР SolidWorks 2016. При создании схем, чертежей и РКД использовался продукт КОМПАС–3D–V16.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей работе были использованы следующие сокращения:

РЭА – радиоэлектронная аппаратура.

В настоящей работе были использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 1050–60 Сталь углеродистая качественная конструкционная. Марки и общие технические требования.

2 ГОСТ 16338–70 Полиэтилен низкого давления. Технические условия.

3 ГОСТ 9639–71 Листы из непластифицированного поливинилхлорида (винипласт листовой). Технические условия.

4 ГОСТ 12.4.026–2015 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

5 ТУ 1–804–473–2009 Плиты из алюминиевых сплавов с термической обработкой. Технические условия.

6 ГОСТ Р ИСО 4762–2012 Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ.

7 ГОСТ Р ИСО 7046–1–2013 Винты с потайной головкой и крестообразным шлицем типа Н или типа Z.

8 ГОСТ 21631–76 Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.

9 ТУ 2313–043–00204151–2001 Эмаль ХВ–518. Защитная. Технические условия.

10 ГОСТ 7417–75 Сталь калиброванная круглая. Сортамент.

11 ГОСТ 5949–75 Сталь сортовая и калиброванная коррозионно–стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия.

12 ТУ 2224–036–00203803–2012 Капролон (полиамид 6 блочный). Технические условия.

13 ТОИ Р–45–084–01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.

14 СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

15 СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

16 СанПиН 2.2.4.3359–16 Санитарно–эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

17 СанПиН 2.2.4.1191–03 Электромагнитные поля в производственных условиях.

18 СанПиН 2.1.7.1322–03 Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов.

19 ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

20 ГОСТ 12.1.002–84 Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

21 ГОСТ 12.1.019–2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

22 ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

23 ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

24 ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

25 ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

26 ГОСТ 12.1.044–2018 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

27 ГОСТ 2768–84 Ацетон технический. Технические условия.

28 ГОСТ Р МЭК 61140–2000 Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи.

29 СНиП 23–05–95\* Естественное и искусственное освещение.

30 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

31 ГОСТ РВ 20.39.304–98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам.

32 СТО ТПУ 2.5.01–2006 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

33 ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	19
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	21
1.1 Методы изготовления и материалы для корпусов.....	21
1.1.1 Метод литья пластика под давлением .....	21
1.1.2 Литье пластмасс в силиконовую форму .....	22
1.1.3 Листовая штамповка.....	23
1.1.4 Фрезеровка.....	24
1.1.5 Печать на 3Д-принтере.....	25
1.2 Обзор аналогов и прототипа .....	26
1.3 Технологический процесс изготовления прототипа .....	29
1.4 План производства .....	35
1.5 Нормирование технологического процесса .....	37
2 ПЛАНИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА.....	41
2.1 Маркетинг и изучение рынка.....	43
2.2 Проектирование и разработка конструкции корпуса.....	43
2.2.1 Выбор технологии печати .....	43
2.2.2 Подбор материала печати.....	48
2.2.3 Проектирование изделия .....	51
2.3 Планирование и разработка процессов.....	54
2.3.1 Подготовка параметрической модели к печати .....	54
2.3.2 Технологический процесс .....	57
2.3.3 Подбор оборудования .....	61
2.3.3.1 Подбор 3Д-принтера .....	61
2.3.3.2 Подбор вспомогательного оборудования.....	63



2.3.4 Проектирование производства.....	67
2.3.5 Нормирование технологического процесса .....	68
2.4 Закупки.....	70
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	74
3.1 Разработка графика научного исследования.....	74
3.2 Расчет себестоимости корпуса .....	78
3.3 Оценка экономической эффективности проекта .....	81
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	82
Введение.....	82
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	83
4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства .....	83
4.1.2 Эргономические требования к правильному расположения и компоновке рабочей зоны с ПЭВМ.....	86
4.2. Производственная безопасность .....	87
4. 3 Экологическая безопасность.....	99
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	106
ЛИТЕРАТУРА.....	107
Приложение А .....	109
Приложение Б.....	113
Приложение В.....	127
ФЮРА.301156.001 Корпус. Спецификация .....	127
ФЮРА.301156.001 СБ Корпус. Сборочный чертеж.....	128
ФЮРА.731173.001 Крышка. Чертеж детали.....	129

ФЮРА.731173.002 Основание. Чертеж детали .....	130
ФЮРА.731173.003 Крышка батарейного отсека. Чертеж детали.....	131

## ВВЕДЕНИЕ

Пультом дистанционного управления называется электронное устройство, служащее для управления другим устройством на расстоянии. Конструктивно пульт управления представляет собой законченное устройство, состоящее из корпуса, печатного узла, органов управления, источника питания. Пульты управления используют как для управления бытовой электронной аппаратурой, так специальной аппаратурой на производстве, промышленными роботами, кранами, авиамоделями. Пульт управления можно применить в любом другом устройстве, имеющем электронное управление.

Пульты дистанционного управления различаются: по типу питания (автономное, или проводное); по мобильности (стационарный, носимый); по каналу связи (механический, проводной, радиоканал, инфракрасный).

В рамках данной работы был рассмотрен корпус, применяемый в пультах специального назначения – пульты для кран–балок, пульты для подъемных мачт, работающих по радиоканалу и кабельному подключению.

Объектом исследования является корпус пульта управления.

Предметом исследования является технологические процессы жизненного цикла корпуса пульта.

Цель работы – повышение эффективности (снижение расходов на изготовление, сокращение времени на подготовку к производству) этапов жизненного цикла корпуса пульта управления за счет печати на 3Д–принтере.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и выполнены следующие задачи:

- 1) Обзор существующих аналогов и выбор прототипа;
- 2) Составление технического задания;
- 3) Подбор материалов и технологии;
- 4) Создание параметрической модели изделия и конструкторской документации;
- 5) Изучение и разработка стадий жизненного цикла корпуса пульта;

6) Оценка себестоимости объекта;

7) Анализ безопасности труда.

Актуальность исследовательской работы заключается в применении аддитивных технологий для сокращения времени подготовки к производству, снижению себестоимости изделия.

## **1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

Основными материалами для производства корпусов являются пластик и металл. К достоинствам пластиковых корпусов можно отнести малый вес, более низкую стоимость, по сравнению с металлическими корпусами. К недостаткам – плохой теплоотвод, горючесть, отсутствие экранирующего эффекта, и др.

Достоинствами металлических корпусов являются прочность, теплоотвод, экранировка электромагнитных волн. Недостатки металлических корпусов – более высокая цена и вес по сравнению с корпусами из пластика. Также недостатком может быть неспособность пропускать радиоволны и сложную технологию обработки металла.

### **1.1 Методы изготовления и материалы для корпусов**

#### **1.1.1 Метод литья пластика под давлением**

Метод литья под давлением заключается в впрыскивании жидкого пластика под давлением в металлическую пресс-форму, распределение в форме и последующее охлаждение. Давление расплава используется для компенсации объемной и линейной усадки при заполнении и охлаждении литевой формы.

Для литья пластика под давлением используются разные материалы, отличающиеся физическими параметрами:

1) Полиэтилен низкой плотности характеризуется быстрым расплавлением. После охлаждения кристаллизуется и меняет твердость. Требуется соблюдать определенное давление и обеспечить максимально равномерный нагрев пресс-формы.

2) Полиэтилен высокой плотности по сравнению с полиэтиленом низкой плотности отличается лучшей кристаллизацией и меньшей степенью текучести в расплавленном виде. Литье пластмассы этого типа широко практикуется для получения изделий с тонкими стенками, но при этом обеспечивается достаточная жесткость конструкции.

3) Полипропилен отличается кристалличностью, не превышающей 60%. Процесс выполняется при пониженном давлении и достаточно высокой температуре пластикации, которая в зависимости от марки материала может достигать 280°C.

4) Полистирол. Позволяет изготавливать изделия, которые характеризуются жесткостью конструкции и тонкими стенками. При охлаждении дают большую усадку. Полимер чувствительный к перегреву.

5) Акрилонитрил–бутадиен–стирольный пластик (далее ABS–пластик) характеризуется большой вязкостью в расплавленном состоянии, отличается трудной переработкой и требует повышенного давления. Применяется для изготовления деталей с тонкими стенками, но в отличие от полистирола, ABS–пластик имеет высокую жесткость и устойчивость к ударам.

6) Поливинилхлорид легко обрабатывается, чувствителен к соблюдению температурного режима и теряет свойства при перегреве.

7) Полиамид, поликарбонат, полиэтилентерефталат [1].

К достоинствам метода литья пластика под давлением относят: отсутствие потребности в последующей механической обработке изделия; получение большого количества готовых изделий. Технология имеет высокую стоимость оборудования и подготовительных работ. Для производства требуется разработка и изготовление пресс–формы, тестовая отливка, что нерентабельно для изготовления корпусов в единичных экземплярах или мелкой партии.

### **1.1.2 Литье пластмасс в силиконовую форму**

С помощью вакуумного литья в силиконовые формы могут изготовлены прототипы, опытные образцы, а также небольшие партии изделий из пластика без использования металлической оснастки. Изготовление формы происходит путем заливки силикона в опалубку с расположенной внутри мастер–моделью. После полимеризации силикона осуществляется литье в силиконовые формы [2].

Литье в силиконовые формы состоит из этапов:

1) Производство прототипа изделия.

2) Подготовка мастер–модели.

3) Изготовление силиконовой формы для литья. Прототип с литником помещается в опалубку, далее – фиксируется в ней, и в вакууме заливается силикон. Полимеризация силикона.

4) Отливка и доработка формы. По результатам тестовой отливки происходит модернизация силиконовой матрицы, которая заключается в усовершенствовании каналов вывода воздуха из формы при заливке.

5) Производство силиконовых форм.

6) Изготовление пластмассовых изделий [3].

Для литья в силиконовые формы используют полиуретан, свойства которого позволяют использовать его в деталях машин и механизмов, подвергающиеся силовым нагрузкам. Полиуретан может использоваться вместо ABS–пластика.

К достоинствам этого метода относится простота использования силиконовых форм, к недостаткам – отсутствие возможности отливать детали с тонкостенными элементами, а также небольшой цикл использования силиконовых форм.

### **1.1.3 Листовая штамповка**

Холодная штамповка листового металла обеспечивает формирование деталей сложной конфигурации с применением процессов пластической деформации. Для производства партии металлических корпусов для радиоэлектронной аппаратуры изготавливают металлический штамп. Технология применима при малых толщинах листа (до 5 мм) и для пластичных сплавов. Для штамповки листа от 5 мм из сплавов с малой текучестью, заготовку предварительно нагревают.

Технологический процесс производства корпусов обычно состоит из нескольких операций.

1) Резка металла или пробивка на координатно–пробивном прессе, на выходе операции – развертка корпуса.

2) Гибка металла при необходимости.

3) Сварка.

4) Установка резьбовых метизов и специального крепежа.

Применяются несколько видов сварки: полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа; аргонно–дуговая сварка алюминиевых сплавов переменным током и нержавеющей – постоянным током; контактная сварка.

Основными металлами для производства корпусов методом листовой штамповки являются: различные марки стали (углеродистая сталь марок 10, 15 ГОСТ 1050–60; качественная конструкционная кипящая сталь марок 05кп, 08кп, 15кп); алюминий, алюминиево–магниевого сплавы; пластмассы (термореактивные и термопласты) – полиэтилен (ГОСТ 16338–70); полистирол, полипропилен, фторопласт, винипласт (ГОСТ 9639–71).

Достоинствами данной технологии является: высокая производительность, точность изготовления, отсутствие сварных швов и болтовых соединений; возможность изготовления прочных тонкостенных деталей различной формы; малая шероховатость поверхности деталей из-за свойств исходного материала; детали практически не требуют механической обработки [4]. Подходит для изделий, выпускающихся крупными партиями. Для средних и малых серий эта технология оказывается экономически невыгодной, так как имеет большие затраты на подготовку к производству – изготовления матрицы штампа и пуансона, высокую трудоёмкость проектирования технологического процесса.

#### **1.1.4 Фрезеровка**

Данной технологией заключается в снятии излишков металла с заготовки, для получения детали нужной формы, размера, шероховатости поверхности.

Фрезерованием обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля.



Принято различать черновое и чистовое фрезерования. При черновом фрезеровании обработку производят с максимально допустимыми режимами резания для выборки наибольшего объема материала за минимальное время. При этом, как правило, оставляют небольшой припуск для последующей чистовой обработки. Чистовое фрезерование используется для получения деталей с окончательными размерами и высоким качеством поверхностей.

Как правило, на современных производствах фрезерование происходит на станках с числовым программным управлением (ЧПУ.) Обработка материала на станке с ЧПУ позволяет увеличить точность и увеличить производительность. Применение станков с ЧПУ позволяет изготавливать большие серии деталей со сложной геометрической поверхностью. У данной технологии есть ограничения: детали обрабатываются в несколько проходов, требуются переустановы; зависимость обработки от подвода режущего инструмента. К недостаткам технологии фрезеровки можно отнести высокую трудоемкость процесса, дорогостоящее оборудование.

### **1.1.5 Печать на 3Д-принтере**

Использование аддитивных технологий подразумевает построение детали путем добавления слоя за слоем до получения готового изделия, в отличие от методов вычитания материала из заготовки. Если при обработке по традиционным технологиям обработки деталей отходы материала иногда превышают 70%, то при использовании аддитивных технологий этот показатель стремится к нулю [5].

3Д-печать корпусов применяется для изготовления прототипов, тестовых образцов, единичных изделий и небольших серий. После распечатки корпус может подвергаться постобработке. Различные виды материалов для 3Д-печати позволяют склеивать детали, шлифовать, грунтовать и наносить лакокрасочные покрытия.

Выбор технологии 3Д-печати может зависеть от следующих критериев:

- 1) Стоимость оборудования;

- 2) Производительность;
- 3) Качество поверхности полученной модели;
- 4) Стабильность модельного материала (термоусадка);
- 5) Степень детализации (способность построить мелкие фрагменты);
- 6) Точность построения;
- 7) Трудоемкость пост-обработки;
- 8) Срок службы машины (принтера) до замены основных узлов;
- 9) Стоимость материалов;
- 10) Наличие службы технической поддержки в регионе [6].

На сегодняшний день реализуются различные виды технологий аддитивного производства, но для изготовления корпусов РЭА подходят такие технологии как: выборочное лазерное спекание (SLS), производство твердых моделей за счет полимеризации жидких материалов – стереолитография (SLA), печать методом послойного наплавления (FDM).

## **1.2 Обзор аналогов и прототипа**

В качестве аналогов были рассмотрены пластиковые корпуса, различных размеров и производителей. Для покупки подобные типы корпусов не распространены, поэтому в разделе представлены готовые устройства – пульта управления.

Пульт дистанционного управления PAIL производитель «REMdevice», Италия. Оснащен джойстиками, служит для управления башенными и мостовыми кранами, имеет размеры 200×135×130 мм, степень защиты IP65 (рисунок 1). Корпус изготавливается из пластика методом литья под давлением. Состоит из двух частей корпуса и крышки, имеет сложную геометрическую форму, внутри оснащен батарейным отсеком, имеет стойки для крепления печатного узла, несколько вырезов под органы управления и дисплей. Имеет яркую окраску, окрас соответствует ГОСТ 12.4.026–2015. Желтый цвет обозначает возможную опасность, опасную ситуацию, предупреждение о возможной опасности. Для контраста служит черный цвет.



*Рисунок 1 – Пульты дистанционного управления PAIL*

Производитель «REMdevice» так же выпускает несколько вариантов пультов управления, например, пульты серии GENESIS (рисунок 2). Корпус состоит из двух частей, основание и крышка, между собой соединяются втулками. Имеет сложную конфигурацию, вырезы под дисплей и органы управления, прорезиненные ручки.



*Рисунок 2 – Пульт дистанционного управления «PAIL» GENESIS «REMdevice»*

Корпус для пульта управления TG–T12–20 размером 210×140×130 мм производителя «TeleRadio», имеет доступ к батарейному отсеку, несколько вырезов для органов управления (рисунок 3). Выполнен методом литья под давлением из пластика.



*Рисунок 3 – Пульт управления TG–T12–x1 «TeleRadio»*

Одним из вариантов изготовления может служить корпус пульта на радиоуправлении F24–60 производителя «TeleControl». В отличие от предыдущих вариантов, ручка у данной модели выполнена не литой из пластика, а из металлического прута. Корпус имеет размеры 220×110×90 мм, рабочий диапазон температур от минус 40°C до плюс 85°C, класс защиты IP65.



*Рисунок 4 – Пульт F24– 60 «TeleControl»*

Пульт с командоаппаратами РДК-6 предназначен для радиуправления подъемными кранами. Габаритные размеры: не более 210×100×110 мм. Состоит из двух частей, выполненных методом литья из пластика, содержит места для крепления ремня.



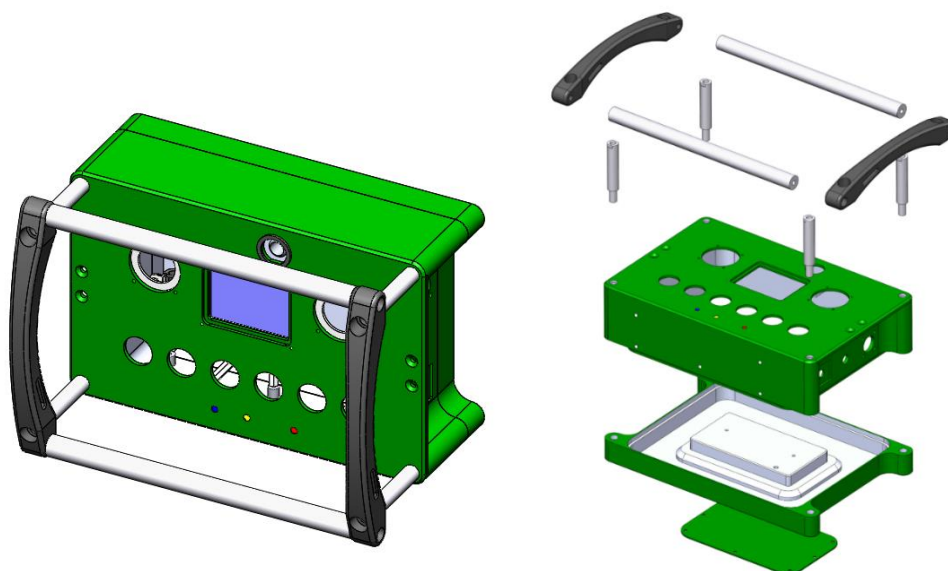
*Рисунок 5 – Пульт управления РДК-6*

Пульт с командоаппаратами РДК-2, производства ГК «Верис», Россия. Габариты корпуса не более 210×110×100 мм. Корпус изготовлен из пластика, имеет металлическую ручку, места для крепления ремня (рисунок 6).



*Рисунок 6 – Пульт управления РДК-2*

В качестве прототипа, был выбран корпус, фрезерованный на станке с ЧПУ (рисунок 7). Разработан и изготавливается на одном из предприятий города Томска. С помощью пульта осуществляется управление антенно–мачтовым устройством «Модуля антенного» на базе шасси «КАМАЗ». Корпус изготавливается из плиты Д16Т ТУ 1-804-473-2009.



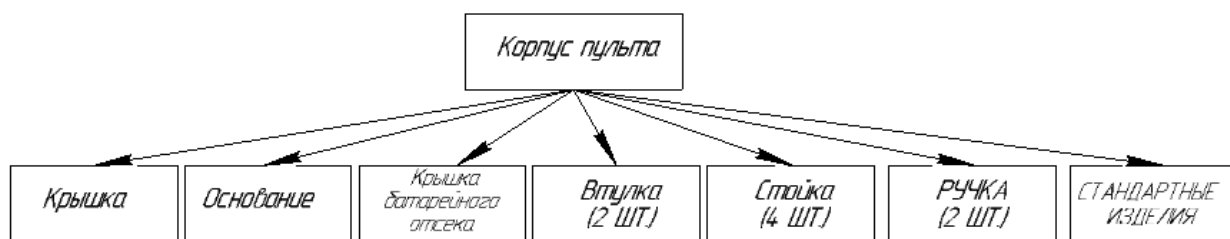
*Рисунок 7 – Корпус прототипа*

В корпусе предусмотрены стойки для размещения нескольких печатных узлов – платы управления, антенного устройства, и платы беспроводного доступа. На лицевой стороне – вырезы под дисплей, джойстики и кнопки для управления, световую индикацию. В основании с нижней стороны расположен батарейный отсек, доступ к нему осуществляется за счет съемной крышки.

### **1.3 Технологический процесс изготовления прототипа**

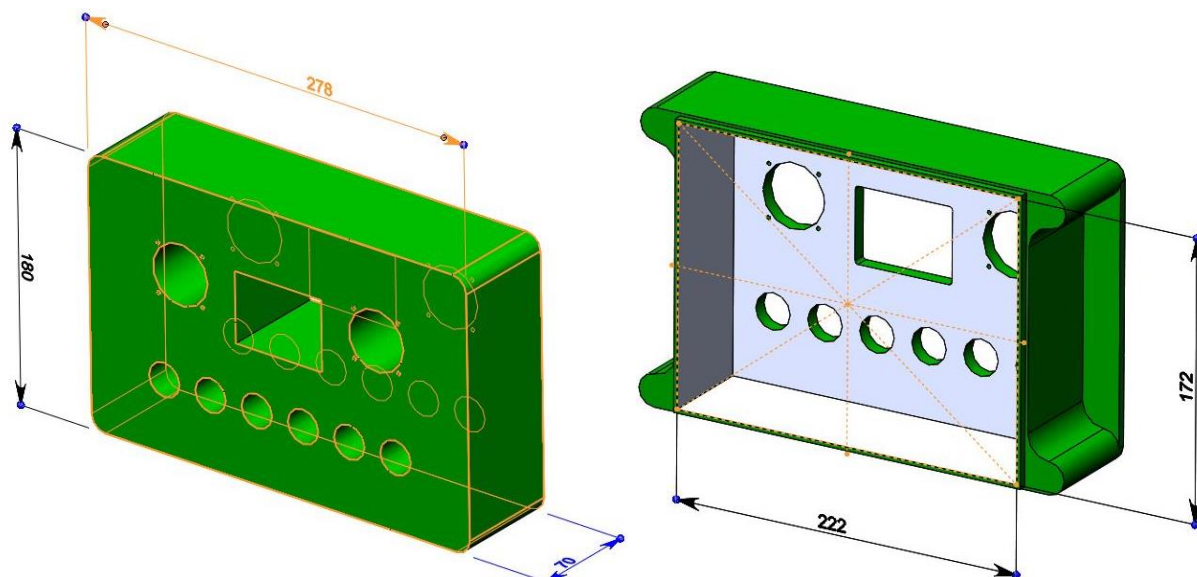
Конструктивно корпус состоит из двух фрезерованных частей (основания и крышки), крышки батарейного отсека, а также ручки, которая представляет составную конструкцию. Ручка состоит из восьми деталей, монтируются с помощью втулок и стоек. Детали ручки крепятся к стойкам с помощью винтов с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ ГОСТ Р ИСО 4762 M6x30-8.8-A3J.

Для сборки корпуса используются стандартные изделия: винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ ГОСТ Р ИСО 4762 M8x20-8.8-A3J в количестве 4 шт. Для крепления крышки батарейного отсека – винты с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1-M3x8-4.8-H-A2J в количестве 8 шт.



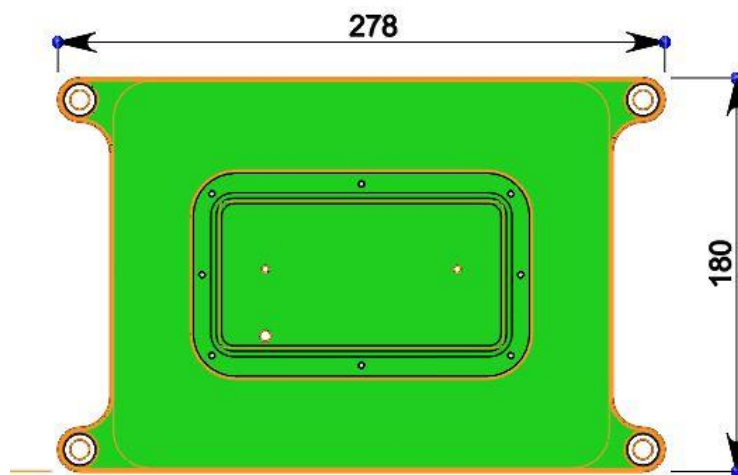
*Рисунок 8 – Структурная карта изделия*

Крышка пульта изготавливается из алюминиевой плиты, толщиной 80 мм, Д16Т 80 ТУ 1–804–473–2009 (дюралюминий, 16 – номер сплава и серии, Т – закаленный и естественно состаренный). Размеры фрезерованного основания – 278×180×70 мм. На лицевой стороне размещены вырезы под органы управления и индикацию, на боковой части – вырезы для кнопок, и разъемов подключения (рисунок 9).



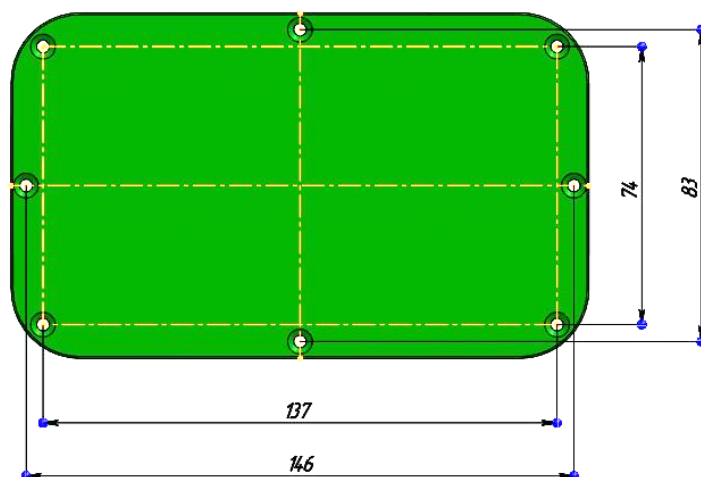
*Рисунок 9 – Крышка корпуса*

Основание изготавливается из алюминиевой плиты, Д16Т 30 ТУ 1–804–473–2009. В нижней части корпуса предусмотрен вырез, через него будет осуществляться доступ к батарейному отсеку (рисунок 10). Вырез закрывается крышкой и крепится винтами с потайной головкой.



*Рисунок 10 – Основание корпуса*

Крышка батарейного отсека изготавливается из листа алюминиевого сплава АМцМ 2 ГОСТ 21631–76 (рисунок 11). Заготовки вырубаются на пробивном прессе.



*Рисунок 11 – Крышка батарейного отсека*

В качестве защитного покрытия – анодное оксидирование. Покрытие придает поверхности высокую коррозионную стойкость, твердость, износостойкость, термостойкость, декоративный вид. Покрытие наружной поверхности – эмаль ХВ–518 защитная ТУ 2313–043–00204151–2001.

На рисунке 12 представлены технологический процесс изготовления корпуса прототипа.



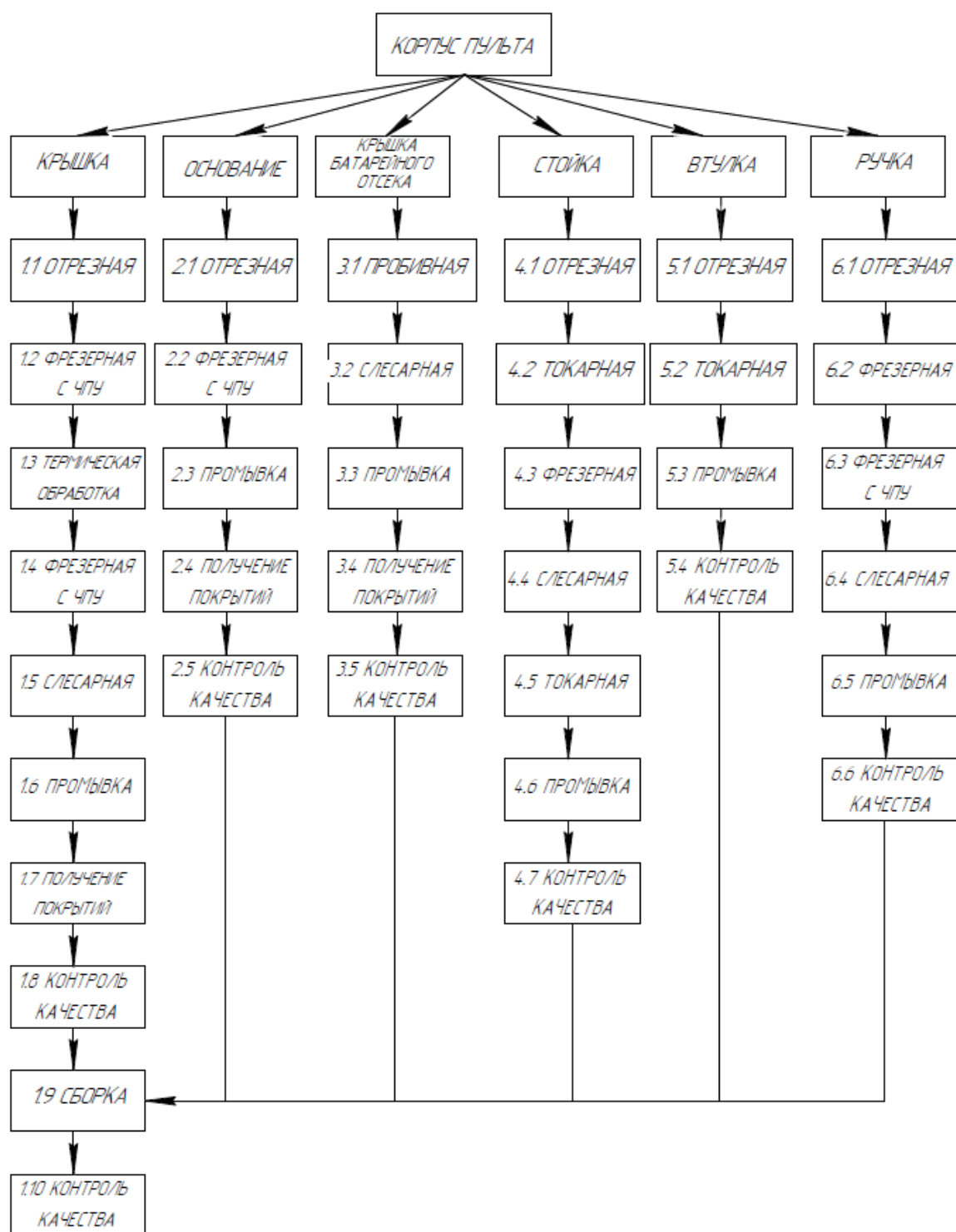


Рисунок 12 – Технологический процесс изготовления корпуса

Крышка корпуса изготавливается из плиты дюралюминия Д16Т толщиной 80 мм, плиты поставляются размером: 80×1200×3000 мм [7]. Раскрой заготовки происходит с помощью пилы ленточной ABS 450B. Фрезерование на станке с ЧПУ HAAS VF–1.



Термическую обработку заготовки проводят для снятия литейных и термических напряжений, наклепа и повышения пластичности. Закалка дюралюминия Д16Т состоит только из одной операции – нагрева до 490–500°С, и последующим охлаждением в воде при температуре 30–40°С. Выдержка при нагреве устанавливается в зависимости от размеров деталей. После термической обработки продолжается фрезерование на станке с ЧПУ. Далее слесарные операции – снять заусенцы, выполнить фаски, сверлить отверстия, нарезать резьбу.

Перед получением защитных и лакокрасочных покрытий заготовки и детали промывают в ультразвуковой ванне. Ультразвуковая очистка применяется для ускорения процесса очистки и удаления загрязнений из труднодоступных полостей. Получение покрытий на участке электрохимических операций. Получение лакокрасочного покрытия. Контроль качества.

Основание изготавливается из плиты Д16Т, толщиной 30 мм. Технологический процесс включает операции:

- 1) Заготовительная (отрезная). Раскрой заготовки происходит с помощью ленточной пилы.
- 2) Фрезерование на станке с ЧПУ.
- 3) Слесарная (снять заусенцы, выполнить фаски, сверлить отверстия, нарезать резьбу).
- 4) Промывка в ультразвуковой ванне.
- 5) Контроль качества. Визуальный осмотр детали, контроль размеров (метрологические средства измерения технологический процесс включает следующие операции).
- 6) Получение покрытий на участке электрохимических операций.
- 7) Контроль качества.
- 8) Получение лакокрасочных покрытий.
- 9) Контроль качества.

Крышка батарейного изготавливается из листа толщиной 2 мм, АМцМ 2 ГОСТ 21631–76, технологический процесс включает операции:

- 1) Пробивная.
- 2) Слесарная.
- 3) Промывка.
- 4) Контроль качества. Визуальный осмотр детали, контроль размеров.
- 5) Получение покрытий на участке электрохимических операций.
- 6) Получение лакокрасочных покрытий.
- 7) Контроль качества.

Стойки изготавливаются из стального прутка – круг 12 ГОСТ 7417–75/40x13 ГОСТ 5949–75, технологический процесс включает операции:

- 1) Отрезная.
- 2) Токарная.
- 3) Фрезерная.
- 4) Слесарная.
- 5) Токарная.
- 6) Промывка.
- 7) Контроль качества.

Втулки изготавливаются из стального прутка – круг 16 ГОСТ 7417–75/40x13 ГОСТ 5949–75, технологический процесс включает операции:

- 1) Отрезная.
- 2) Токарная.
- 3) Промывка.
- 4) Контроль качества.

Ручки изготавливаются капролона модифицированного графитом, ПА–6 МГ стержень 60 ТУ 2224–036–00203803–2012. Диаметр стержня  $(60\pm 2)$  мм, длина стержня:  $(950\pm 50)$  мм.

С помощью ленточной пилы ABS 450В отрезать заготовку. На универсальном фрезерном станке СФ676 фрезеровать заготовку, выдерживая размеры согласно чертежу. Далее, на фрезерном станке с ЧПУ HAAS VF–1 обработать деталь по управляющей программе. Слесарная операция – снять

заусенцы, притупить острые кромки. Промыть деталь, контролировать качество изготовления детали на соответствие чертежу.

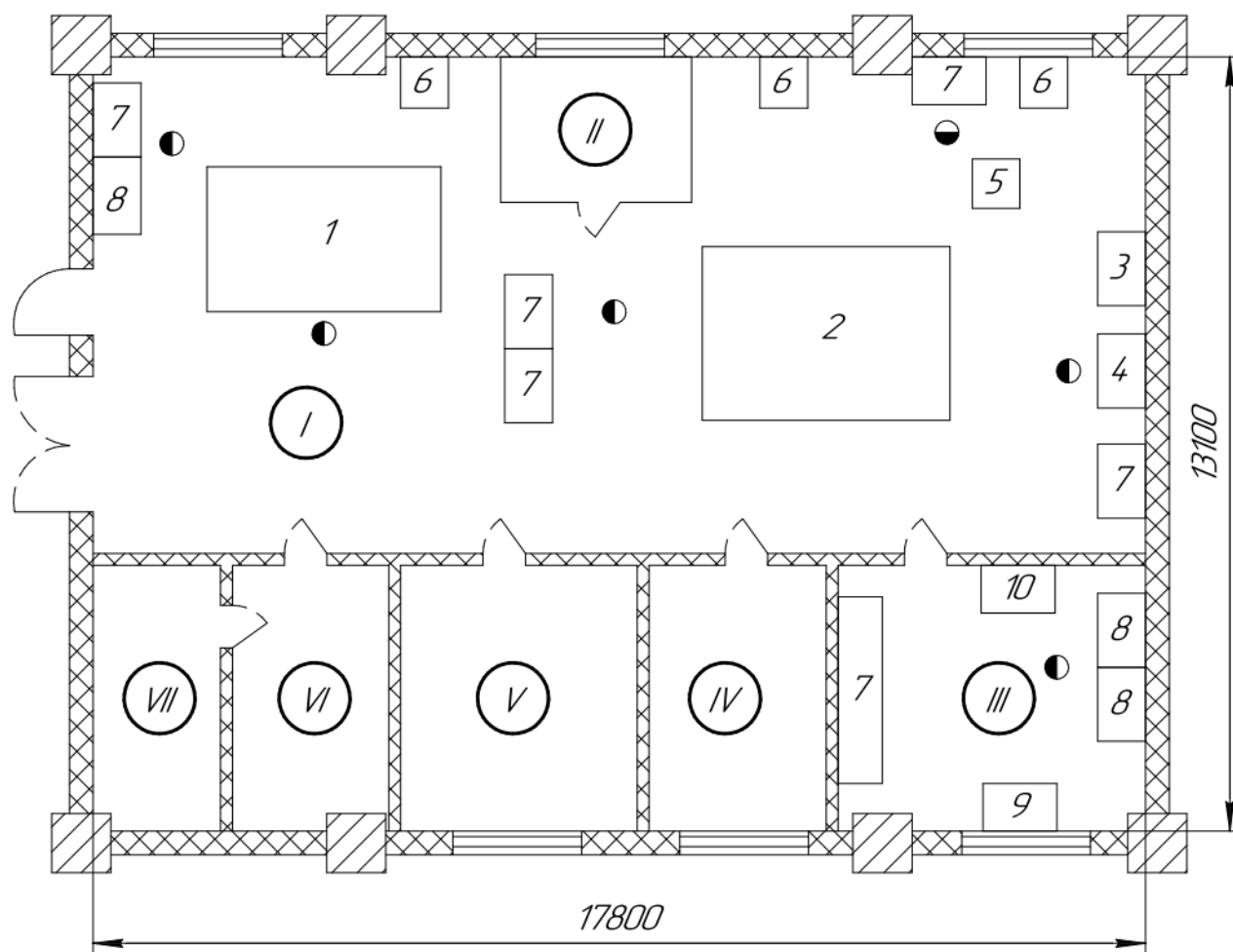
Сборка корпуса пульта управления осуществляется на сборочном участке цеха: комплектование (выдача со склада деталей, крепежа); сборка; контроль качества.

#### **1.4 План производства**

Для организации производственного процесса корпуса прототипа необходимо: складское помещение для хранения материала и заготовок; производственный цех; участок электрохимических операций, цех лакокрасочных покрытий, сборочно–упаковочный цех и вспомогательные бытовые помещения. Электрохимические и малярные операции выполняются сторонними организациями. Складское помещение оборудовано стеллажами для хранения сырья. В сборочно–упаковочном цехе размещены рабочие места для сборки и контроля качества корпусов, стойка для упаковочной бумаги, стеллажи для хранения. План производства приведен на рисунке 13.

В производственном цехе размещено оборудование:

- 1) Ленточная пила ABS 450 В;
- 2) Вертикально–фрезерный обрабатывающий центр HAAS VF–1;
- 3) Станок фрезерный широкоуниверсальный СФ–676;
- 4) Печь для термической обработки ПШЗ 10.15/12;
- 5) Ультразвуковая ванна УЗК18.



### Экспликация помещений

№ п/п	Наименование помещений	Площадь, м <sup>2</sup>	Поз	Наименование	Кол
I	Производственный цех	140	1	Ленточная пила ABS 450 В	1
II	Комната мастеров	8	2	Центр обрабатывающий HAAS-VF-1	1
III	Сборочно-упаковочный цех	22	3	Печь для термической обработки ПШЗ 10 15/12	1
IV	Офис	14	4	Ультразвуковая ванная ЧЗК 18	1
V	Склад сырья	18	5	Станок фрезерный СФ-676	1
VI	Цех гальванического покрытия	12	6	Тумба инструментальная	3
VII	Покрасочный пост	10	7	Стеллаж	6
	Площадь общая	224	8	Стол	3
	Объем общий	900 м <sup>3</sup>	9	Стойка Treston PRH120L	1

Рисунок 13 – План производственного участка

## 1.5 Нормирование технологического процесса

Нормирование технологического процесса изготовления корпуса фрезерованием приведено в таблицах 1–3. Проведем расчет стоимости материалов и изготовления.

Т а б л и ц а 1 – Время изготовления крышки

Операция	Время, мин					Цена, руб/ч.	Сумма, руб.
	Подготови- тельное	Основное	Ресурсы	Процесс	Сумма, мин		
Ленточно-отрезная	0,5	0,15	0,65	1,68	2,98	249	12
Промывочная	0,167	0,75	0,917	31,2	33	249	137
Слесарная	0,5	0,5	1	36	38	249	158
Фрезерная с ЧПУ	9	12,95	21,95	63,72	107,62	256	459
Термическая обработка	0,75	12	12,77	44,4	69,92	215	250
Участок электрохимических операций							
Монтаж на оснастку	—				4,8	326	26
Упаковка	—				4,8	326	26
Травление хим.	—				0,6	326	3
Контроль	—				8,4	326	46
Промывка	—				22,8	326	124
Демонтаж	—				2,2	326	12
Сушка	—				24	326	130
Окисление электрохими- ческое	—				72	326	391
Наполнение покрытия в воде	—				30	326	163
Обезжиривани е химическое	—				49,2	326	267
Итого					470,32		2204

Т а б л и ц а 2 – Время изготовления основания

Операция	Время, мин					Цена, руб.	Сумма, руб.
	Подготови- тельное	Основное	Ресурсы	Процесс	Сумма, мин		
Ленточно- отрезная	0,5	0,1	1,5	2,9	5	249	21
Промывочная	0,2	0,75	1	29,25	31,2	249	129
Слесарная	0,7	0,9	4,4	12	18	249	75
Фрезерная с ЧПУ	3,5	5,2	5,22	9	22,92	256	98
Термическая обработка	0,75	6	11,25	12	30	215	108
Участок электрохимических операций							
Монтаж на оснастку	—				2,4	326	13
Упаковка	—				2,4	326	13
Травление химическое	—				0,6	326	3
Контроль	—				4,2	326	23
Промывка	—				22,8	326	124
Демонтаж	—				1,8	326	10
Сушка	—				24	326	130
Окисление электрохими- ческое	—				72	326	391
Наполнение покрытия в воде	—				30	326	163
Обезжири- вание химическое	—				49,2	326	268
Итого					316,52		1569

Т а б л и ц а 3 – Время изготовления крышки батарейного отсека

Операция	Время, мин.					Цена, руб.	Сумма, руб.
	Подготови- тельное	Основное	Ресурсы	Процесс	Сумма, мин		
Слесарная	0,2	0,5	1,2	5,2	7,2	249	30
Пробивка	0,2	0,3	0,7	1,26	2,46	256	11
Промывка	0,5	1,1	0,9	28,7	31,2	249	129
Участок электрохимических операций							
Монтаж на оснастку	—				1,22	326	7
Упаковка	—				1,26	326	7
Травление химическое	—				0,6	326	3
Контроль	—				2,7	326	15
Промывка	—				22,8	326	124
Демонтаж	—				1,22	326	7
Сушка	—				24	326	130
Окисление электрохими- ческое	—				72	326	391
Наполнение покрытия в воде	—				30	326	163
Обезжири- вание химическое	—				49,2	326	267
Итого					245,86		1284
Для трех деталей корпуса:					1032,7		5057

В таблице 4 приведена стоимость изготовления деталей, в таблице 5 – общая калькуляция изделия.

Т а б л и ц а 4 – Стоимость материалов

Наименование	Материал	Кол-во, кг	Цена, руб.	Сумма, руб.
Крышка	Плита Д16Т 80 ТУ 1–804 –473–2009	13,27	285,59	3789,78
Основание	Плита Д16Т 30 ТУ 1–804 –473–2009	4,98	431,02	2146,48
Крышка батарейного отсека	Лист АМцМ 2 ГОСТ 21631–76	0,12	231,7	27,8
Втулка	Круг 16 ГОСТ 7417–75/40X13 ГОСТ 5949–75	0,4	199,92	79,97
Стойка	Круг 12 ГОСТ 7417–75/40X13 ГОСТ 5949–75	0,07	199,92	13,99
Ручка	ПА 6–МГ стержень 60 ТУ 2224–036–00203803–2012	0,791	354,16	293,32
Итого				6351,34

Т а б л и ц а 5 – Себестоимость изделия

Наименование	Материальные затраты, руб.	Фонд оплаты труда, руб.	Соц. страх., руб.	Общепроизводст венные расходы (ОПР), руб.	Общехозяйствен ные расходы (ОХР), руб.	ИТОГО затраты, руб.
Крышка	3789,78	2204	674,424	10116,36	2071,76	18856,33
Основание	2146,48	1569	480,114	7201,71	1474,86	12872,17
Крышка батарейного отсека	27,8	1284	392,904	5893,56	1206,96	8805,23
Втулка (2 шт.)	79,97	310,54	95,03	1287,61	263,69	4073,68
Стойка (4 шт.)	13,99	407,39	124,66	1689,18	345,93	10324,6
Ручка (2 шт.)	293,32	261,97	80,16	1086,24	222,45	3888,28
Итого	6351,34	6036,9	1847,29	27274,66	5585,65	58820,27

Себестоимость изготовления корпуса прототипа составила 58821 рублей, без учета конечной стоимости сборки устройства.



## 2 ПЛАНИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Согласно стандартам качества продукции серии ИСО 9000 управление качеством должно охватывать все этапы жизненного цикла изделия. Жизненный цикл изделия, как правило, включает в себя следующие этапы: маркетинг и изучение рынка; проектирование и разработка продукта; планирование и разработка процессов; закупки; производство или предоставление услуг; упаковка и хранение; реализация; установка и ввод в эксплуатацию; техническое обслуживание; послепродажная деятельность или эксплуатация; утилизация и переработка.

Основные этапы ЖЦ корпуса пульта представлены на рисунке 14. В рамках данной работы были рассмотрены этапы ЖЦИ, на которые оказало влияние внедрение альтернативной технологии изготовления корпуса.



Рисунок 14 – Этапы жизненного цикла корпуса пульта

Задачи, выполняемые на каждом рассматриваемом этапе представлены в структурной схеме ЖЦ корпуса пульта на рисунке 15.



Рисунок 15 – Структурная схема ЖЦ корпуса пульта

## **2.1 Маркетинг и изучение рынка**

В главе «Обзор аналогов и прототипа» представлено изучение рынка. Сделан обзор основных видов корпусов для пультов, а также обзор методов их изготовления. На основании анализа конструкций аналогов и прототипа, требований к корпусным изделиям, создается концепт изделия. Далее, составляется техническое задание на разработку. В ТЗ указываются требования к корпусу, цели, задачи и требования к выполнению работ.

## **2.2 Проектирование и разработка конструкции корпуса**

### **2.2.1 Выбор технологии печати**

Рассмотрим аддитивные технологий, которые могут быть использованы для создания корпусов.

SLA (Stereo Lithography Apparatus) – технология стереолитографии, позволяет «выращивать» модель в жидком фотополимере, который затвердевает под воздействием ультрафиолетового лазера. Фотополимеры, используемые для печати корпусов: VisiJet Flex – полипропилен–подобный, эластичный, белый матовый, используются для прототипирования защелок и других гибких элементов; VisiJet Tough – ABS–подобный, для мастер–моделей, функциональных испытаний.

Большинство 3Д–принтеров, работающих по технологии SLA, создают объекты размером примерно 50×50×60 см. Американская компания «3D Systems» создала аппарат, способный создавать объекты размером – 1500×750×550 мм [6].

SLA–технология позволяет печатать большие модели с высокой точностью. Поверхность деталей получается гладкая, поддается обработке, ее можно шлифовать и красить. Хрупкие модели не подходят для вкручивания винтов или проверки корпусов на защелках.

Т а б л и ц а 6 – Основные параметры SLA–машин компании «3D Systems» [6].

Модель	Рабочая зона, мм	Мощность лазера, мВт	Толщина слоя построения, мм. В режиме*:		
			HD	UHD	XHD
ProJet 6000 SD	250x250x250	2000	0,125	0,1	-
ProJet 6000 HD	250x250x125				0,05
ProJet 6000 MP	250x250x50				0,05
ProJet 7000 SD	380x380x250	2000	0,125	0,1	-
ProJet 7000 HD	380x380x50				0,05
ProJet 7000 MP					0,05
iPro 8000 (ProX 800)	650x350x300 650x750x50 650x750x275 650x750x550	1450	0,05-0,15		
iPro 9000	1500x750x550	1450			
* HD –High Definition – высокое разрешение; UHD – Ultra HD – повышенное разрешение; XHD – Extra HD – наивысшее разрешение.					

SLS (Selective Laser Sintering) – технология селективного лазерного спекания, позволяет создавать прототип за счет послойного оплавления порошка. Оборудование для SLS–печати имеет большие камеры построения (до 750 мм), позволяющие изготавливать большие детали или несколько деталей одновременно. Для печати не требуется материал поддержки, оставшийся после печати материал может использоваться повторно.

Прототипы, выращенные по технологии SLS, позволяют проводить сборочные испытания корпусов с использованием шарниров, защелок и сложных узлов. Недостаток технологии – более сложная обработка поверхности [8].

Т а б л и ц а 7 – Машины для технологии SLS [6].

Фирма	Модель	Рабочая зона, мм	Шаг построения, мкм	Мощность, Вт	Производительность, см <sup>3</sup> /ч	Модельные материалы*
3D Systems	ProX500	381x330x457	80-150	100	2000	PS, PA, стекло- и металлона- полненные композиции
	sPro 140	550x550x460	80-150	70/200	3000/5000	
	sPro 230	550x550x750	80-150	70/200	3000/5000	
	sPro 60HD	381x330x437	80-150	30	900	
EOS	EOS P 110	200x250x330	60-120	30	н/д	PS, PA, стекло- и металлона- полненные композиции
	EOS P 396	340x340x600	60-180	70	н/д	
	EOSINT P 760	700x380x580	60-180	2x50	700	
	EOSINT P 800	700x380x560	120	2x50	н/д	то же + термостой- кий PA

Качество напечатанной детали зависит также и от квалификации персонала: ориентация модели на рабочем столе, выбор режима генерации поддерживающего материала. В таблице 8 приведены результаты сравнительных измерений поверхностей одной и той же детали, построенной на разных 3Д-принтерах. Измерения проводились на горизонтальных (тип А) и вертикальных (тип В) поверхностях [6].

Т а б л и ц а 8 – Сравнение шероховатостей моделей, полученными SLA и SLS технологиями [6]

Технология	AF-машина	Материал	Профилометр							
			Mahr MarSurf PS1				Zeiss O-inspect 01-422			
			R <sub>a</sub>		R <sub>z</sub>		R <sub>a</sub>		R <sub>z</sub>	
			Тип А	Тип В	Тип А	Тип В	Тип А	Тип В	Тип А	Тип В
SLA	Viper Pro 8000	AccuraXtreme	0,08	3,18	0,31	18,5	0,03	3,8	0,54	7,02
		Accura 60	0,13	2,82	0,66	13,9	0,19	2,4	0,5	4,42
		Accura 55	0,1	1,35	0,63	13	0,15	0,4	0,42	4,14
		Accura SI10	1,32	5,17	9,7	7,9	1,93	4,4	7,4	23,2
SLS	Sinterstation HiQ	Dura form PA	10	12,47	50,6	61,7	4,24	7,55	17,1	41,1
		Duraform GF	10,39	9,46	67	51,6	6,36	6,51	30,3	22,7

Из таблицы 8 можно сделать вывод, что разные значения шероховатости можно получить даже в рамках одной технологии. Это связано с типом модельного материала, его качеством и ценой [6]. Так же видно, что SLA технология позволяет получить более гладкие поверхности по сравнению с SLS–технологией.

FDM (Fused Deposition Modeling) – технология послойного выращивания полимерной нитью. Детали поддаются склейке и ультразвуковой сварке, нарезанию резьбы. Материалы устойчивы к воздействию влаги. Для 3Д-принтеров не требуется специальных помещений с фильтрацией воздуха. К недостаткам технологии можно отнести: среднее качество поверхности, по сравнению с SLA–технологией, необходимость финишной обработки. Данный вид 3Д-печати на сегодняшний день самый доступный и находит широкое применение в производстве. Сравнительные характеристики SLA, SLS, FDM–технологий приведены в таблице 9.

Т а б л и ц а 9 – Сравнительные характеристики технологий

Технология/Параметр	FDM	SLS	SLA
Размеры камеры для печати (настольные модели), мм	до 200×200×300	до 165×165×320	до 145×145×175
Толщина слоя, мкм	125–178	60–100	50–150
Материал печати	Термопластики (PLA, ABS, PC)	Термопластики, металлические и керамические порошки	Жидкие фотополимеры
Наличие поддержки	Да	Нет	Да
Необходимость постобработки	Да	Да	Да
Цена* оборудования, \$	Настольные от 2000; промышленные от 15000	Настольные от 10000; промышленные от 100000	Настольные от 3500; промышленные от 80000
Цена* материалов, \$	20–150 за 1 кг	100 за 1 кг	100–200 за 1 литр
Требования к помещению	Не требует особых требований к помещению, наличие вытяжки	Необходима фильтрация воздуха при кондиционировании	Не требует особых требований к помещению

\*Цена с источника [9].

Продолжение таблицы 9

Технология/ Параметр	FDM	SLS	SLA
Достоинства	<p>Детали поддаются склейке, ультразвуковой сварке, фрезеровке, нарезанию резьбы; не требуется фильтрация воздуха; возможность печати зашелоков; устойчивость к воздействию влаги материалов; широкий выбор оборудования и материалов по доступной цене; малое время разогрева до рабочей температуры; простое обучение по настройке и эксплуатации машины.</p>	<p>Прочность получаемых изделий; не требует поддержек – простая очистка от лишнего порошка; изделия устойчивы к воздействию влаги.</p>	<p>Возможность построения тонкостенных изделий и мелких деталей; хорошее качество поверхности, по сравнению с SLS, FDM; несложная постобработка; низкий уровень шума при производстве.</p>
Недостатки	<p>Наличие поддержки; необходимость постобработки; среднее качество поверхности, по сравнению с SLA и SLS, «слоистость» изделия, термоусадка материала.</p>	<p>Требуется специальное помещения для установки; требуется обучение персонала по обслуживанию и печати; ограниченные варианты материалов; время на разогрев оборудования до рабочей температуры и охлаждения 2–4 часа; большая стоимость оборудования и материалов.</p>	<p>Чувствительность к воздействию УФ; хрупкость модели – без вкручивания крепежа; отсутствие возможности печатать двумя материалами в одном цикле; отсутствие цветной печати; требуется обучение персонала по обслуживанию и печати; изделия не устойчивы к воздействию влаги; требуется вспомогательное оборудование – станция доотверждения, станция мойки; высокая стоимость оборудования и материалов.</p>

### 2.2.2 Подбор материала печати

Для FDM-печати адаптированы такие материалы, как: ABS, PLA, Nylon, PVA, TPE, Flexible, PETG, Polycarbonate. Наиболее распространёнными из них являются ABS- и PLA-пластики.

ABS – это ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Пластик непрозрачный и окрашивается в разные цвета. Детали из ABS с помощью ацетона склеиваются, сглаживаются неровные поверхности. ABS более жесткий, чем PLA, и потому сохраняет форму при больших нагрузках. Недостатки ABS пластика – термоусадка, хрупкость [10].

PC (Polycarbonate, поликарбонат) – твёрдый полимер, сохраняющий свои свойства в диапазоне температур от минус 40 °C до плюс 120 °C. Используется в качестве заменителя стекла. При добавлении поликарбоната в ABS пластик, достигаются прочностные характеристики – повышается плотность материала, прочность на изгиб и на разрыв.

PLA (полилактид, ПЛА) – биоразлагаемый, биосовместимый полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Имеет малую термоусадку, в сравнении с ABS, менее хрупкий и более вязкий, чем ABS: при одинаковых нагрузках сгибается, но не ломается. Рабочая температура в диапазоне от 180 °C до 190 °C. Гигроскопичен, не долговечен. Материалом для склеивания и обработки PLA служит дихлорэтан, хлороформ или другие хлорированные углеводороды [10].

Nylon (Нейлон) – кристаллизующийся пластик, с высокой прочностью на разрыв и стойкостью к износу. Впитывает влагу, сплавляется с полиимидом. Для фиксации на столе требуется липкая лента, пропитанная воском [10].

В качестве материалов поддержки используют разрушаемые или легко растворимые материалы. При использовании одного материала в качестве основного и поддержки, после завершения печати поддержка удаляется механическим путем, место слома шлифуется. Другим вариантом является



использование более хрупкого материала или материала, который имеет низкое сцепление с основным. Принтеры с двумя экструдерами могут использовать в качестве материала поддержки HIPS– или PVA–пластики, а в качестве основных – ABS, PLA.

HIPS (High–impact Polystyrene, ударопрочный полистирол) – материал непрозрачный, жесткий, твердый, стойкий к ударным воздействиям, к морозу и перепадам температур. Растворяется в лимонене, может использоваться в качестве материала поддержки [11].

PVA (поливиниловый спирт) – материал является водным раствором поливинилацетата. Подходит для изготовления поддерживающих структур для изделий, напечатанных из ABS– и PLA–пластиков. Твердое бесцветное прозрачное нетоксичное вещество без запаха. PVA–пластик нетоксичен, разлагается [11].

В таблицах 10, 11 указаны основные свойства и параметры приведенных материалов.

Т а б л и ц а 10 – Основные физико–химические свойства материалов

Материал/ Параметры	Температура плавления, С°	Температура экструзии, С°	Температура эксплуатации, С°	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на изгиб, МПа	Прочность на разрыв, МПа
ABS	175–210	210–245	–40 до +90	1,1	41	22
ABS+PC	114–145	270–280	–40 до +95	1,32	80	46
PLA	175–180	190–230	–20 до +40	1,24	55,3	57,8
Nylon	215–220	235–260	–30 до +120	1,13	70	66–83
HIPS	175–210	210–245	–40 до + 70	1,05	37,6	16,4
PVA	160–170	180–190	–	1,35	–	–

Т а б л и ц а 11 – Основные параметры материалов

Материал/ Параметры	Твердость (по Роквеллу)	Цена*, руб.	Достоинства	Недостатки
ABS	R105–R110	1100–1500	Температура размягчения – 100°C; широкий диапазон температур для эксплуатации; простота механической обработки недорогими растворителями; большой ассортимент цветов.	Усадка до 0,8% – требуется подогрев стола до 90–120°C и закрытый корпус; неокрашенные поверхности чувствительны к УФ–излучению; имеет запах – необходим отвод паров при длительной печати.
ABS+PC	R108–R120	1200–1400	Широкий диапазон рабочих температур, химическая стойкость к кислотам, бензину, маслам; можно использовать несколько видов сварки–трением, горячей плитой, ультразвуком.	Требуется подогрев стола до 90–120°C; низкая эластичность; имеет запах – необходим отвод паров при длительной печати.
PLA	R70–R90	1190–1500	Нет усадки при печати; не требует подогрева стола; не токсичен; биоразлагаемый.	Малый температурный диапазон при эксплуатации изделия; низкая температура размягчения – 50 C°; высокая твердость затрудняет механическую обработку склеивание и обработка требуют повышенных мер безопасности.
Nylon	R70–R90	3000–4000	Устойчив к химическому воздействию; при печати не имеет паров и запахов.	Высокая усадка – 1%, требуется корректировка моделей; высокая температура плавления и цена по сравнению с ABS, PLA; выпускается только в белом и черном цвете.
HIPS	L79	1290–1700	Усадка 0,4% – меньше чем у ABS; прост в механической обработке; возможность использования в паре с ABS, PLA	Требуется подогрев стола до 90–120°C; низкая устойчивость к УФ–излучению; хрупкий; требует специального растворителя D-Limonene.
PVA	–	2750–3900	Растворим в воде при комнатной температуре 20–50°C, не имеет запаха, не токсичен; возможность использования в паре с ABS, PLA; высокая стоимость по сравнению с HIPS	Требуется подогрев стола до 50–70°C; при температуре более 210°C разлагается, образуя смолу; гигроскопичен, требуется вакуумная упаковка

\*Цена указана для нити диаметром 1,75 мм, за 1кг – для ABS–, PLA–, HIPS–, ABS+PC–пластиков, для Nylon – за 0,45 кг, PVA – за 0,5 кг.

На основе анализа таблиц 10, 11 подходящими материалами для изготовления корпуса пульта выбраны ABS–пластик или ABS–пластик с добавлением поликарбоната (ABS+PC). Эти пластики удовлетворяют по механическим, прочностным характеристикам, обладают широким диапазоном температур при эксплуатации, что удовлетворяет требованиям технического задания. В качестве поддержки – материал HIPS, подходит для печати в паре с ABS. Основными преимуществами перед PVA–пластиком – более низкая цена (в 2 и более раза за 1 кг прутка диаметром 1,75 мм).

### **2.2.3 Проектирование изделия**

Проектирование и разработка конструкции являются одним из основных этапов ЖЦИ. Конструирование основывается на требованиях, указанных в техническом задании, а также на требованиях, заданных дизайнером. На этом этапе требования уточняются и вносятся в техническое задание. ТЗ представлено в Приложении А.

Основные задачи этапа:

- 1) Изучение составных частей корпуса, особенностей проектирования параметрических моделей для 3Д–печати.
- 2) Определение влияния дизайна изделия на его проектирование.
- 3) Проектирование изделия, с учетом требований ТЗ и требований к параметрическим моделям, используемых для 3Д–печати.
- 4) Подготовка конструкторской документации.

Как и любая технология производства (фрезеровка или литье), аддитивная технология FDM, ввиду особенностей конструкции аппарата и нанесения филамента, имеет свои ограничения. Расплавленному пластику требуется время для затвердевания, а для каждого последующего слоя необходима опора – на первых слоях такой опорой служит рабочий стол принтера, а далее в качестве поддерживающей конструкции выступают предыдущие слои. Если при печати нет предыдущего поддерживающего слоя – пластик не успевает застыть, оплавляється, не сохраняя при этом необходимую

форму. В связи с этим, к параметрическим моделям для 3Д–печати существуют определённые требования. Далее рассмотрим основные из них.

1) Параметрическая модель должна иметь один объект. При наличии нескольких объектов в одной модели, возникают пересекающиеся ребра и грани, совпадения полигонов. Это приводит к ошибкам в программе, которая подготавливает управляющий код для 3Д–принтера. Ошибками для слайсера могут быть – нулевая толщина полигона, внутренние полигоны, а также наличие «незакрытой» полигональной сетки.

2) Наличие широкого и плоского основания. При этом, объект при печати хорошо фиксируется на рабочем столе. В отсутствие возможности сделать основание широким и плоским – использовать специальную подложку «рафт», которая представляет несколько витков нити на первом слое вокруг основания модели.

3) Толщина стенок модели должна быть не менее 1 мм, так как при печати программа может «не распознать» их; при удалении поддержек тонкие стенки могут сломаться.

4) Отсутствие тонких цилиндров. Для печати таких изделий требуются особые настройки 3Д–принтера: низкая скорость печати, время на остывание. Вертикально стоящие тонкие элементы при печати получаются хрупкими, и могут нести только декоративную функцию.

5) Простая геометрия, отсутствие «узких мест». Сложно обработать «узких мест» заключается в отсутствии доступа с абразивным материалом, или микродрелью. При обработке таких поверхностей растворителем в ванне могут появиться деформации на мелких элементах.

6) Отсутствие прямых и острых углов меньше 20 градусов.

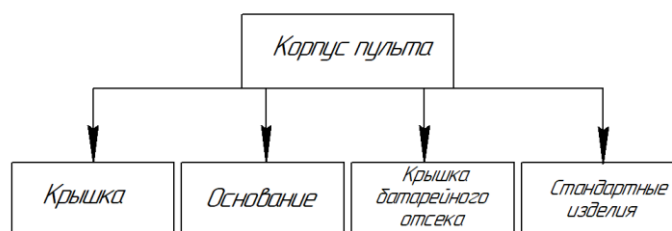
7) Минимальное количество нависающих слоев. Наличие поддерживающих структур требует постобработки изделия, а также увеличивает затраты материала на печать и время на обработку, повышает конечную стоимость. Допускается печать без поддержек стенок, которые имеют угол наклона не более 70 градусов.

8) Увеличение размера диаметров отверстий под крепеж. Пластик при остывании дает усадку, деформируя при этом отверстия в готовом объекте. Поэтому при создании параметрической модели следует увеличивать диаметр требуемых отверстий от 0,2 до 0,5 мм. Если отверстие прямое и сквозное, его можно рассверлить без потери точности размера и геометрии.

9) Ориентация модели на рабочем столе при печати. Прочность воспроизводимой модели напрямую зависит от ее расположения на столе. Если нагрузка на готовый объект будет распределяться вдоль напечатанных слоев, то между ними могут появляться трещины. Следовательно, при моделировании нужно учитывать направление дальнейших нагрузок на объект [12].

В состав корпуса пульта входят следующие элементы:

- 1) крышка;
- 2) основание;
- 3) крышка батарейного отсека.



*Рисунок 16 – Структурная карта изделия*

В соответствии с рассмотренными аналогами изделия и ТЗ была создана параметрическая модель (рисунок 17), с учетом особенностей печати. Толщина стенок не менее 1 мм, размеры отверстий увеличены на 0,3 мм от требуемого номинала. Угол наклона ручек не превышает 70 градусов, что позволяет печатать без поддержки.

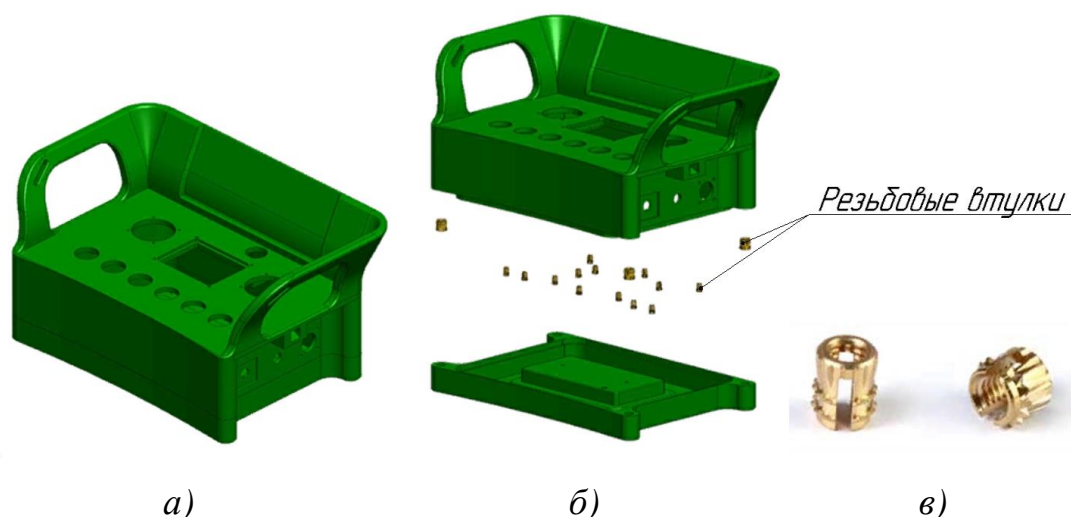


Рисунок 17 – Параметрическая модель корпуса:  
 а – вид в сборе; б – разнесенный вид; в – резьбовые втулки

## 2.3 Планирование и разработка процессов

### 2.3.1 Подготовка параметрической модели к печати

Устройства, имеющие два экструдера, позволяют печатать детали сложной геометрической формой, используя легкорастворимый материал поддержки. Это облегчает постобработку путем растворения поддержки. На рисунке 18 приведена схема печати двумя экструдерами. Так же печать двумя экструдерами осуществляется быстрее, чем одним, так как они постоянно готовы к работе.

Для печати с двумя экструдерами необходима калибровка платформы, а также настройки слайсера – необходимо задать значение смещения по оси Y. Измерять расстояние между экструдерами для определения смещения нужно после окончательной калибровки устройства.

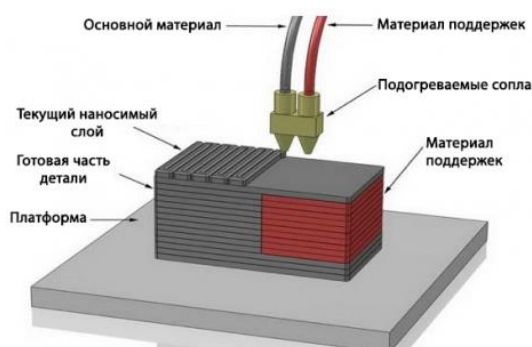
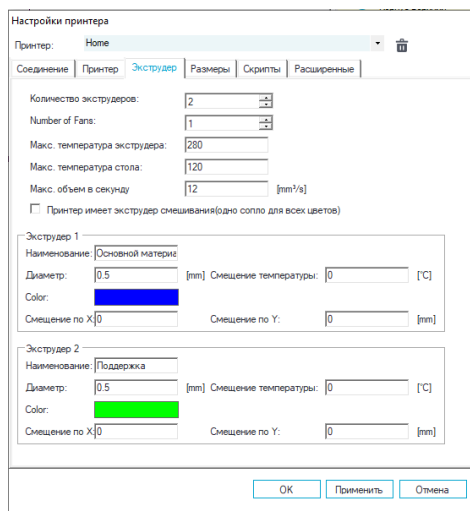


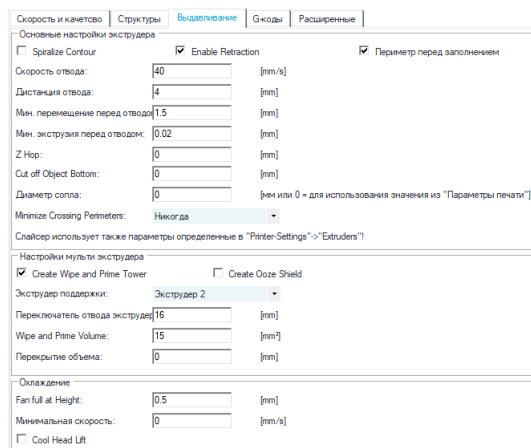
Рисунок 18 – 3Д-печать двумя экструдерами

Подготовка к печати осуществляется в программе Repetier-Host V2.0.5, тип слайсера CuraEngine. Для программного обеспечения 3Д-принтера модель, состоящая из двух цветов – это два различных файла STL. Для визуального контроля для двух материалов назначаем разные цвета, синий – ABS-пластик, зеленый HIPS. В этом же меню указываем диаметры сопел (рисунок 19).



*Рисунок 19 – Настройка экрудера*

Для установки второго экструдера для печати материала поддержки в настройках слайсера выбрать в меню «Конфигурация» – «Печать выдавливание» – «Поддерживающий экструдер» (рисунок 20).



*Рисунок 20 – Назначение экструдера для материала поддержки*

Диаметр прутка, температура печати и другие настройки задаются в меню «Пруток» (рисунок 21).

Печать | **Пруток**

Default

Пруток

Диаметр прутка: 1.75 [mm]

Flow: 100 [%]

График температур

Температура печати: 210 [°C]

Температура стола: 50 [°C]

Охлаждение

Мин. скорость вентилятора: 50 [%]

Макс. скорость вентилятора: 100 [%]

Мин. время слоя: 5 [s]

*Рисунок 21 – Настройка параметров в меню «Пруток»*

Плотность заполнения – 30%. В настройках прутка для экструдера 1 – ABS–пластик, и для экструдера 2 – HIPS.

Слайсер: CuraEngine [Manager]

Конфигурация

Настройки печати:

Конфигурация печати: Default

Adhesion Type: None

Качество: 0.2 mm

Тип поддержки: Everywhere

Скорость: Медленно — Быстро

Скорость печати: 50 mm/s

Внешний периметр скорость: 45 mm/s

Скорость заполнения: 80 mm/s

Плотность заполнения: 30%

☒ Включить охлаждение

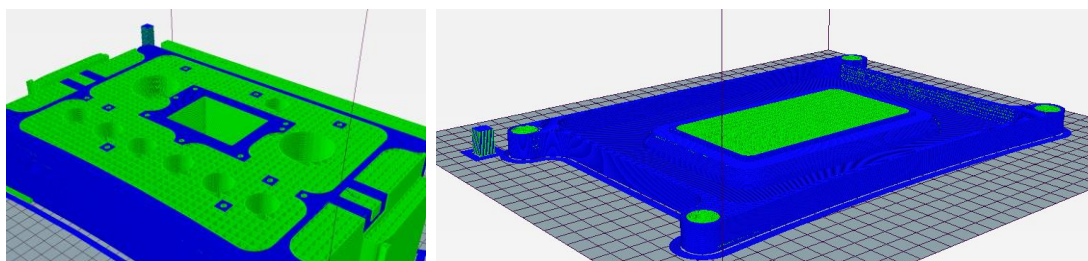
Настройки прутка:

Экструдер 1: Default

Экструдер 2: Default

*Рисунок 22 – Настройка параметров печати*

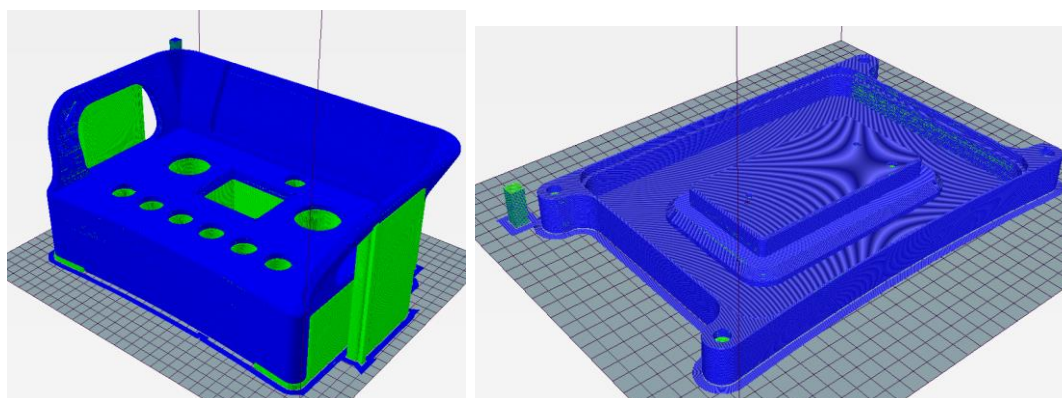
Для визуального контроля материала поддержки в настройках визуализации показать диапазон слоев (рисунок 23).



*Рисунок 23 – Диапазон слоев*

Программа позволяет провести расчет времени печати, количества слоев, отдельный расход филамента по каждому экструдеру (рисунок 24, 25).





Статистика печати	
Расчетное время:	133 ч:6 мин:32 с
Слоев:	700
Всего строк:	5017501
Длина прутка:	564217 mm
Filament Extr.1:	174056 mm
Filament Extr.2:	390161 mm

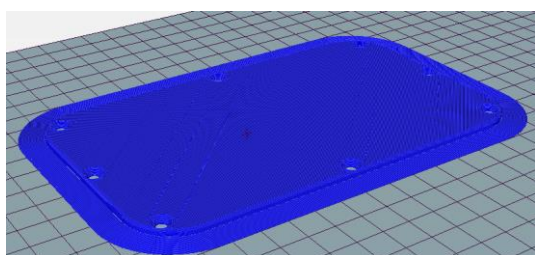
а)

Статистика печати	
Расчетное время:	34 ч:0 мин:2 с
Слоев:	125
Всего строк:	1191194
Длина прутка:	145809 mm
Filament Extr.1:	65589 mm
Filament Extr.2:	80220 mm

б)

Рисунок 24 – Подготовка для печати: а – крышка; б – основание

Для крышки батарейного отсека не нужно материала поддержки и для печати используется один экструдер.



Статистика печати	
Расчетное время:	3 ч:37 мин:51 с
Слоев:	10
Всего строк:	18386
Длина прутка:	9075 mm
Filament Extr.1:	9075 mm

Рисунок 25 – Подготовка крышки батарейного отсека для печати

### 2.3.2 Технологический процесс

Параметрическая модель сборочной единицы корпуса состоит из основания, крышки и крышки батарейного отсека, которые будут печататься на 3Д–принтере разными циклами. У всех деталей схожая схема технологического процесса (рисунок 26).

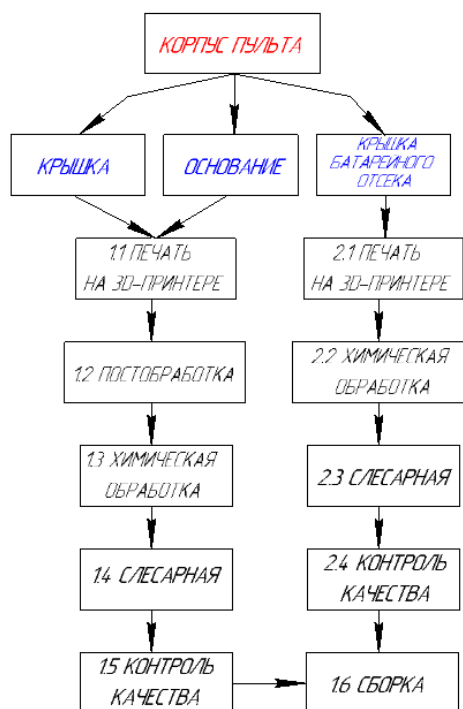


Рисунок 26 – Схема технологического процесса печати на 3Д–принтере

После подготовки параметрической модели, запускаем на печать согласно инструкции по эксплуатации 3Д–принтера. Постоянный контроль печати не требуется. Время на печать и расход филамента приведен в таблице 12.

Т а б л и ц а 12 – Расчетное время и расход филамента для трех деталей

Наименование/ Параметр	Время, час	Масса ABS, кг	Масса HIPS, кг	Длина прутка, м экструдер 1	Длина прутка, м экструдер 2
Крышка	113,6	0,46	0,96	174,05	390,16
Основание	34	0,17	0,2	65,6	80,22
Крышка бат. отсека	3,37	0,02	0,01	9,75	-
Итого	150,97	0,65	1,17	249,4	470,38

Операция постобработки заключается в удалении материала поддержек, заусенцев, фасок. Материал поддержки HIPS растворяется в лимонене, путем погружения всего изделия до полного растворения. Время растворения – 8 часов.

После растворения поддержки, выполняется механическая обработка с помощью ручного инструмента – напильника, надфилей, наждачной бумаги, ножи и шаберы.

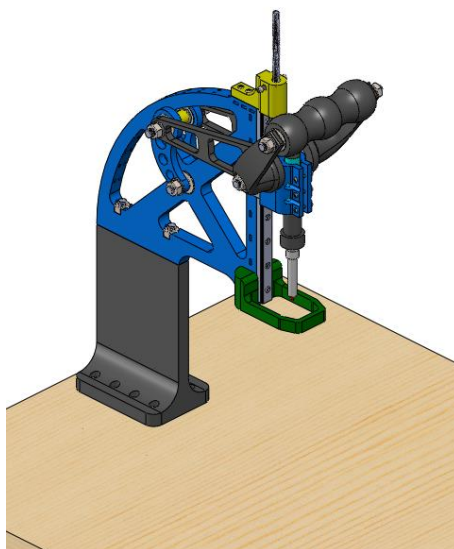
Химическая обработка требуется для сглаживания поверхности деталей, слоистости материала. Поверхность детали становится глянцевой. Для химической обработки деталь помещается в герметичный контейнер с крышкой. В контейнер помещаются бумажные салфетки, смоченные в ацетоне, на решетку – распечатанная деталь. Время выдержки в «холодной ацетоновой бане» – от 3 до 5 часов.



*Рисунок 27 – Контейнер для «ацетоновой бани»*

Слесарная операция подразумевает монтаж резьбовых втулок PLAST M.3E.08, PLAST M.8D.10 под резьбу M3 и M8, длиной 8 и 10 мм соответственно.

Монтаж осуществляется с помощью оснастки – термопресса (рисунок 28).



*Рисунок 28 – Термопресс для монтажа резьбовых втулок*

Термопресс изготавливается из распечатанных на 3Д-принтере деталей (рисунок 29), линейного рельса, подшипника 608, пружин, крепежа.



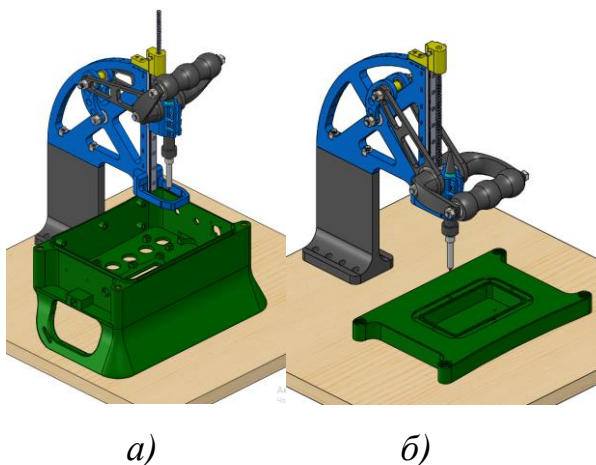
*Рисунок 29 – Распечатанные на 3Д-принтере детали для оснастки*

Впаивание втулок осуществляется фиксированным в держателе паяльником. Шнур паяльника фиксируется с помощью стяжек. Ограничителем хода прессы служит резьбовой стержень. При необходимости его можно регулировать – сверху стержня установлена шайба (рисунок 30). Устанавливается собранная конструкция на деревянную подставку.



*Рисунок 30 – Ограничительный стержень с шайбой*

В верхней крышке устанавливается 21 втулка INSERT-PLAST M.3E.08, 4 штуки INSERT-PLAST M.8D.10 (рисунок 31), в основании – INSERT-PLAST M.3E.08 в количестве 8 шт.



*Рисунок 31 – Монтаж резьбовых втулок: а – в крышку; б – в основание*

### 2.3.3 Подбор оборудования

#### 2.3.3.1 Подбор 3Д–принтера

На современном рынке представлено большое количество разных моделей 3Д–принтеров, работающих по технологии FDM. В данном разделе приведены основные критерии выбора оборудования, обзор оборудования.

Основные критерии выбора оборудования для 3Д–печати:

- 1) область печати (не менее 200×200×200 мм);
- 2) функция подогрева стола;
- 3) закрытый корпус;
- 4) возможность печати несколькими видами пластика;
- 5) два экструдера;
- 6) стоимость 3Д–принтера;
- 7) отечественный производитель и наличие службы технической поддержки.

Материалом для печати был выбран ABS–пластик, дающий усадку при печати, наличие закрытого корпуса и подогрева стола является обязательным. В таблицах 13, 14 представлены сравнительные характеристики 3Д–принтеров в ценовой категории от 250 до 300 тысяч рублей.

Т а б л и ц а 13 – Сравнительные характеристики 3Д–принтеров

Модель/ Параметры	Рабочая зона, мм	Подогрев стола	Два экструдера	Высота слоя, мкм	Скорость печати, мм/с	Закрытый корпус
HERCULES STRONG DUO	300×300×400	+	+	20	100	+
Picasso Designer XL	360×360×610	+	–	10	100	+
Raise3D E2	330×240×240	+	+	10	30–150	+
Prism PRO Dual	Ø 400×860	+	+	50–100	150	+
Ultimaker 3	215×215×200	+	+	20	300	+

Т а б л и ц а 14 – Характеристики 3Д–принтеров

Модель/ Параметры	Материал печати	Внешний вид	Производитель
HERCULES STRONG DUO	ABS, PLA, HIPS, Rubber, ABS+ PC, PETG, Carbon, Nylon, POM. FLEX, Eternal, Wood, PVA, PP, SBS, ASA, Nylon		«IMPRINTA» Россия
Picaso Designer XL	ABS, PLA, HIPS, PVA, Ultran 630, Ultran 6130, ASA, ABS+PC, PET, PC, Friction, Cast, Relax, Eternal, FLEX, Rubber, Sealant, PETG, Aerotex, Ceramo, WAX, SBS, SBS PRO, PRO-Flex, Nylon		«PICASO 3D» Россия
Raise3D E2	PLA, ABS, HIPS, PC, TPU, TPE, Nylon, PETG, ASA, PP, PVA, Glass Fiber Infused, Carbon Fiber		«RAISE» Китай
Prism PRO Dual	ABS, PLA, HIPS, FLEX, Watson, PVA		«3Dquality» Россия
Ultimaker 3	ABS, PLA, HIPS, FLEX, Watson, Nylon, PC		«Ultimaker» Нидерланды

Все представленные модели имеют закрытый корпус, подогрев стола, четыре модели из пяти имеют два экструдера. Выбор останавливаем на модели «Hercules Strong DUO», производства компании «IMPRINTA» г. Красноярск, Россия. В городе Томске есть официальное представительство, и сервисная служба. Стоимость – 300 тысяч рублей. Общие сведения и технические характеристики принтера приведены в таблице 15.

Т а б л и ц а 15 – Общие сведения и характеристики «Hercules Strong DUO»

Общие сведения	
Операционные системы Windows, Linux	Материал корпуса – сталь
Электропитание 220 В ±15 % /50 Гц	Энергопотребление 520 Вт
Размеры, мм 563×525×849	Размеры с упаковкой, мм 595×710×956
Программное обеспечение Smoothieware, Slic3r	Дисплей ЖК, монохром, русский
Форматы файлов .gcode, .stl, .obj	Интерфейсы SD, USB
Технические характеристики	
Рабочая камера 300×300×400 мм	Температура экструдера 260°C
Температура печатного стола 135°C	Диаметр сопла, мм 0,5 (0,2, 0,3, 0,8, 1, 1,2)

### 2.3.3.2 Подбор вспомогательного оборудования

#### *Верстак «ВЛ–200–01» с экраном «ВЛ–200–Э3» ДиКом*

Верстак «ВЛ–200–01» предназначен для слесарных и сборочных работ (рисунок 32). Верстак дополнительно укомплектовывается перфорированным экраном и консолью «ВЛ–200–Э3». На консоль устанавливается освещение или бегунок. В качестве освещения – энергосберегающий светодиодный светильник. Максимальная нагрузка на верстак – 1500 кг.





*Рисунок 32 – Верстак «ВЛ-200-01» с экраном «ВЛ-200-Э3» ДиКом*

**Т а б л и ц а 16 – Параметры верстака «ВЛ-200-01»**

Наименование	Параметры
Верстак «ВЛ-200-01»	
Габаритные размеры, мм	825×2000×700
Масса, кг	61,5
Экран «ВЛ-200-Э3»	
Габаритные размеры, мм	1240×1990×550
Масса, кг	34,5

### ***Стеллаж «СК-251/1205» KAYMAN***

Стеллаж (рисунок 33) используется для хранения различного оборудования, принадлежностей. Каркас выполнен из оцинкованного уголка 40×40 мм, полки – из нержавеющей стали AISI 430. Производитель фирма KAYMAN, Россия.



*Рисунок 33 – Стеллаж «СК-251/1205» KAYMAN*



Т а б л и ц а 17 - Параметры стеллажа «СК-251/1205»

Наименование	Параметры
Количество полок, шт.	4
Ширина, мм	1200
Глубина, мм	500
Высота, мм	1830
Масса (без упаковки), кг	30,2

***Тумба инструментальная «WD-2» Промет***

Тумба инструментальная, разборная «WD-2» (рисунок 34) предназначена для хранения инструментов и оснастки. Тумба комплектуется двумя съемными регулируемыми полками. Выдвижной ящик оборудован телескопическими направляющими.



Рисунок 34 – Тумба инструментальная «WD-2»

Т а б л и ц а 18 – Параметры тумбы инструментальной «WD-2»

Наименование	Параметры
Габаритные размеры, мм	840×460×640
Максимальная нагрузка на полку, кг	30
Максимальная нагрузка на тумбу, кг	30
Внутренние размеры ящика, мм	100×380×600
Масса, кг	27

***Тумба инструментальная «WS-6» Промет***

Для изготовления тумбы инструментальной «WS-6» (рисунок 35) применяется листовая сталь толщиной 1,5 мм. Изделие укомплектовано шестью

выдвижными ящиками. Все ящики оборудованы телескопическими направляющими и запираются на центральный ключевой замок. Параметры приведены в таблице 19.



*Рисунок 35 – Тумба инструментальная «WS-6»*

**Т а б л и ц а 19 – Параметры тумбы инструментальной «WS-6»**

Наименование	Параметры
Габаритные размеры, мм	840×600×640
Максимальная нагрузка на полку, кг	30
Максимальная нагрузка на тумбу, кг	500
Внутренние размеры ящика, мм	Два ящика – 45×490×550 Три ящика – 100×490×550 Один ящик – 220×490×550
Масса, кг	67

### ***Компьютерный стол «КСТ-08» с надстройкой «КН-34» Сокол***

Прямой компьютерный стол КСТ-08 с надстройкой КН-34 (рисунок 36), местом под системный блок, полками и тумбой с выдвижными ящиками. Стол изготовлен из ламинированного ДСП. Под столешницей находится выдвижная полка для клавиатуры. Над системным блоком и тумбой имеются две полки открытого типа.



*Рисунок 36 – Компьютерный стол «КСТ-08» с надстройкой «КН-34»*

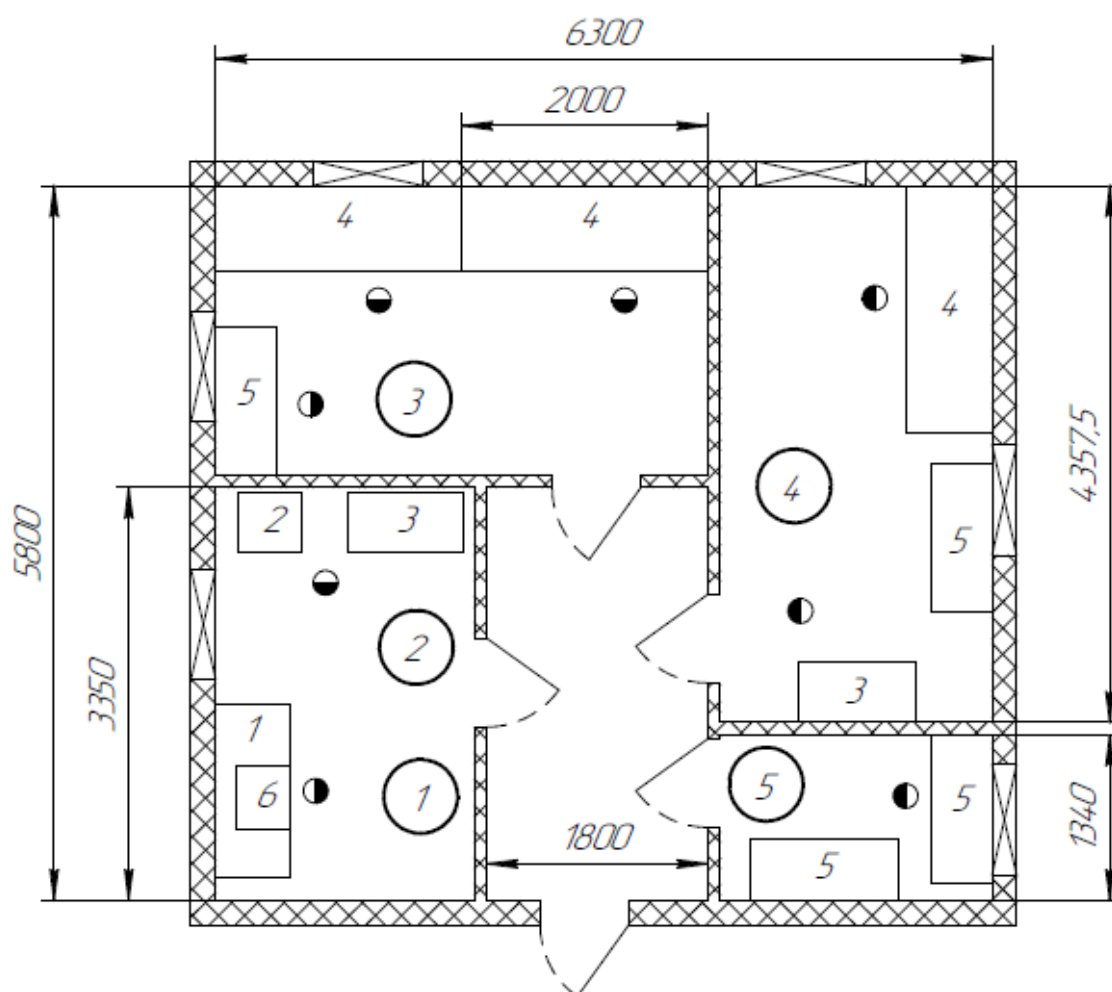
Т а б л и ц а 20 – Параметры компьютерного стола с надстройкой

Наименование	Параметры
Компьютерный стол «КСТ–08»	
Ширина, мм	1300
Глубина, мм	600
Высота, мм	1512
Надстройка «КН–34»	
Ширина, мм	1290
Глубина, мм	256
Высота, мм	704
Общая масса, кг	56

### 2.3.4 Проектирование производства

Проектирование производства проведено на основе габаритов необходимого оборудования и отделов, участвующих в процессе всего жизненного цикла. План производственного участка приведен на рисунке 37.

Участок разделен на пять помещений по функциональному назначению: отдел разработки; цех 3Д–печати; цех механической обработки; сборочный цех; склад. Отдел разработки и цех 3Д–печати размещены в одном помещении, так как FDM технология не имеет особых требований к помещениям и специальной фильтрации воздуха. В этом отделе размещено рабочее место с компьютером, на отдельном столе – 3Д–принтер «Hercules Strong DUO». В цехе механической обработки расположены два верстака, на которых удаляется материал поддержки, проходит механическая обработка распечатанных деталей. В сборочном цехе проходит окончательная сборка корпуса. Хранение готовой продукции и материалов осуществляется на складе.



Экспликация помещений

№ п/п	Наименование помещений	Площадь, м²	Поз.	Наименование	Кол.	Масса, т	Мощность, кВт
1	Отдел разработки	7	1	Стол компьютерный	1	0,03	
2	Цех 3D-прототипирования		2	3D принтер Hercules Strang DUO	1	0,043	0,3
3	Цех механической обработки	6,5	3	Тумба инструментальная WQ, WS	2	0,036	
4	Сборочный цех	6	4	Верстак ДиКом ВЛ-200-01 ЦФ с экраном	3	0,056	
5	Склад	2,5	5	Стеллаж Каутан СК-251-1205	4	0,03	
	Площадь общая	26,5	6	Персональный компьютер	1	0,0142	0,22
	Объем общий	80 м³					

Рисунок 37 – План помещения

### 2.3.5 Нормирование технологического процесса

Расчет времени изготовления деталей корпуса приведен в таблице 21. Время изготовления изделия включает в себя операционное время и время

технологического цикла. Операционное время вычислено опытным путем на каждой детали корпуса. Время технологического цикла включает в себя процесс печати, процесс выдержки в растворе лимонена, химическую обработку.

Т а б л и ц а 21 – Расчет времени изготовления

Операция	Время, мин			
	Основание	Крышка верхняя	Крышка бат. отсека	Корпус (СБ)
Подготовительная перед печатью (нагрев, калибровка, нанесение клея, заправка прутка)	10	10	10	–
Печать на 3Д-принтере	2040	7986	217	–
Извлечение напечатанного изделия	5	5	5	–
Подготовка к погружению в раствор (лимонен)	10	10	–	–
Процесс выдержки изделия в растворе	480	480	–	–
Извлечение изделия из раствора	7	7	–	–
Механическая обработка (заусенцы, фаски, излишки)	15	30	10	–
Подготовка к погружению в емкость с ацетоном	8	8	8	–
Химическая обработка («ацетоновая баня»)	240	240	180	–
Извлечение из емкости с ацетоном	4	4	4	–
Слесарная (впаивание втулок)	16	50	–	–
Сборка	–	–	–	10
Итого время технологического цикла	2760	8706	397	–
Итого операционное время	75	124	37	10
Итого	2835	8830	434	10

## 2.4 Закупки







Для производства корпуса с помощью печати на 3Д-принтере необходимо провести следующие закупки:

- 1) ABS–пластик в катушках;
- 2) HIPS–пластик в катушках;
- 3) Растворитель D–Limonen;
- 4) Резьбовые втулки INSERT–PLAST M.3E.08; INSERT–PLAST M.8D.10.
- 5) Стандартные изделия (винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ ГОСТ Р ИСО 4762 M8x20–8.8–A3J, винты с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046–1–M3x8–4.8–H–A2J);
- 6) Ацетон.

Основным материалом для печати является ABS–пластик, материал поддержки – HIPS. Поставляется пластик в катушках по 1 кг. Для сокращения технологических операций грунтовки, покраски корпуса используем ABS - пластик необходимого цвета RAL 6003. В качестве поставщиков были выбраны следующие производители ООО «Современные Технологии», город Томск; «Московский завод FDplast» город Москва. Результаты сравнения поставщиков приведены в таблице 22.

При сравнении двух поставщиков можно сделать вывод, что выгодная цена у «Московского завода FDplast». Поставщик ООО «Современные Технологии» расположен ближе к производству, но на данный момент в палитре цветов нет необходимого оттенка. Выбор был остановлен на поставщике «Московский завод FDplast», базирующийся в городе Москва.

Т а б л и ц а 22 – Сравнительная таблица поставщиков пластика

Наименование организации	ООО «Современные Технологии»	«Московский завод FDplast»
Логотип		
Веб сайт	<a href="https://bestfilament.ru">https://bestfilament.ru</a>	<a href="https://fdplast.ru">https://fdplast.ru</a>
Локация	634021, Томская обл., г. Томск, ул. Шевченко д.49 б, стр.3 помещение 27	140050, Московская обл., пос. Красково, ул. Карла Маркса, д. 117
Описание ABS–пластика	Диаметр прутка: 1.75 мм Вес нетто: 1 кг Вес брутто: 1.35 кг Цвет: зеленый	Диаметр прутка: 1.75 мм Принтера Вес нетто: 1кг. Цвет: хаки (RAL6003)
Цена за 1 кг, руб.	1390	700
Внешний вид		
Описание HIPS–пластика	Диаметр прутка: 1.75 мм Вес нетто: 1 кг Вес брутто: 1.35 кг Цвет: белый	Диаметр прутка: 1.75 мм Цвет: натуральный Вес нетто: 1 кг
Цена за 1 кг, руб.	1490	570
Внешний вид		

Растворитель «D–Limonene» Лимонен (химическое наименование – апельсиновый терпен) это химический вид масла, не растворим в воде. Является нетоксичным и подвергается биоразложению. Лимонен пригоден для многократного использования. Спецификация продукта приведена в таблице 23. Поставляется в упаковках по 1, 5, 10 и более литров (рисунок 37). Поставщик – индивидуальный предприниматель Ульяновский В.Д. Юридический адрес: 191144 Санкт–Петербург ул. Мытнинская д. 5/2 веб–сайт: <https://d-limonen.ru/>. При заказе 1 литра – цена 2300 руб., при заказе от 5 литров – 1350 руб./литр.



*Рисунок 38 – Емкости для поставки лимонена*

**Т а б л и ц а 23 – Спецификация D–Linonene**

Химическое наименование	Citrus terpenes
Молекулярная формула	$C_{10}H_{16}$
Плотность	0,84 кг/м <sup>3</sup>
Точка кипения	170-180 °C
Температура вспышки	46 °C
Температура самовозгорания	237 °C
Растворимость	14 мг/л
Класс опасности	3

Втулки серии INSERT–PLAST представляют собой латунные резьбовые втулки, изготовленные для установки в пластик (рисунок 39). Производитель «Specialinsert s.r.l.» Италия. Поставщик ООО «Мир крепежа» 634062, Томская обл., город Томск, Иркутский тракт, 75а. Веб-сайт <https://www.mir-krepega.ru>.



*Рисунок 39 – Резьбовые втулки*

В качестве поставщика стандартных изделий выбран ООО «Мир крепежа» 634062, Томская область, город Томск, Иркутский тракт, 75а. Веб-сайт <https://www.mir-krepega.ru>. Винт с цилиндрической головкой ГОСТ Р ИСО 4762 – 31,68 руб. за шт. Винт с потайной головкой – цена 188,87 руб. за кг.





а)

б)

*Рисунок 40 – Винты: а) с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ ГОСТ Р ИСО 4762;  
б) с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1.*

Ацетон УНИВЕРСАЛ 1л/0,8кг производитель «Текс» ООО «Тиккурила», 195112, Санкт-Петербург, пр. Уткин, 15, приобретается в розничной сети магазина «Стройся» г. Томска. Веб-сайт <https://www.stroysa.tomsk.ru>. Цена 190,95 руб.



*Рисунок 41 – Ацетон*

Были выбраны поставщики всех необходимых материалов для производства корпуса пульта управления. Основными критериями выбора стали цена за единицу продукта, локация фирмы–производителя и поставщика.

### **3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Целью работы является повышение эффективности этапов жизненного цикла корпуса пульта управления за счет печати на 3Д–принтере. Аддитивный метод производства позволит сократить время на подготовку к производству, освободит мощности станка с ЧПУ, приведен к сокращению трудоемкости работ и заработной платы. В данном разделе производится расчет себестоимости корпуса, разработан график научного исследования.

#### **3.1 Разработка графика научного исследования**

Построим линейный график работ в ходе написания ВКР. Для этого определим полный перечень проводимых работ, их продолжительность и исполнителей. Полученные данные сведены в таблице 24.

Т а б л и ц а 24 – Перечень работ и загрузка исполнителей

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителя И, %	Загрузка научного руководителя НР, %
Выбор темы ВКР, постановка целей и задач	И, НР	80	60
Составление и утверждение ТЗ	И, НР	100	35
Разработка календарного плана	НР	-	100
Литературный обзор	И, НР	100	15
Выбор методов проведения исследования	И, НР	100	15
Выбор программных средств реализации	И	100	-
Проведение исследования, расчеты	И	100	-
Моделирование в САПР	И	100	-
Работа над разделом «Финансовый менеджмент»	И	100	-
Работа над разделом «Социальная ответственность»	И	100	-
Оформление РПЗ	И, НР	100	15
Оформление графического материала, презентации	И, НР	100	30
Проверка работы	НР		100
Подведение итогов	И, НР	80	60

Расчет продолжительности этапов работ определены опытно-статистическим экспертным методом. Определим ожидаемое время проведения работ, длительность этапов в рабочих и календарных днях, по формулам:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дни;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дни.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож} \cdot K_D}{K_{ВН}}, \quad (2)$$

где  $K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности,  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_D$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_D = 1,1$ ).

Продолжительность этапа в календарных днях:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K, \quad (3)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни,  $T_{КАЛ} = 366$  дней;

$T_{ВД}$  – выходные дни,  $T_{ВД} = 52$  дня;

$T_{ПД}$  – праздничные дни,  $T_{ПД} = 10$  дней.

По формуле (4), находим:

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 10} = \frac{366}{304} = 1,203$$

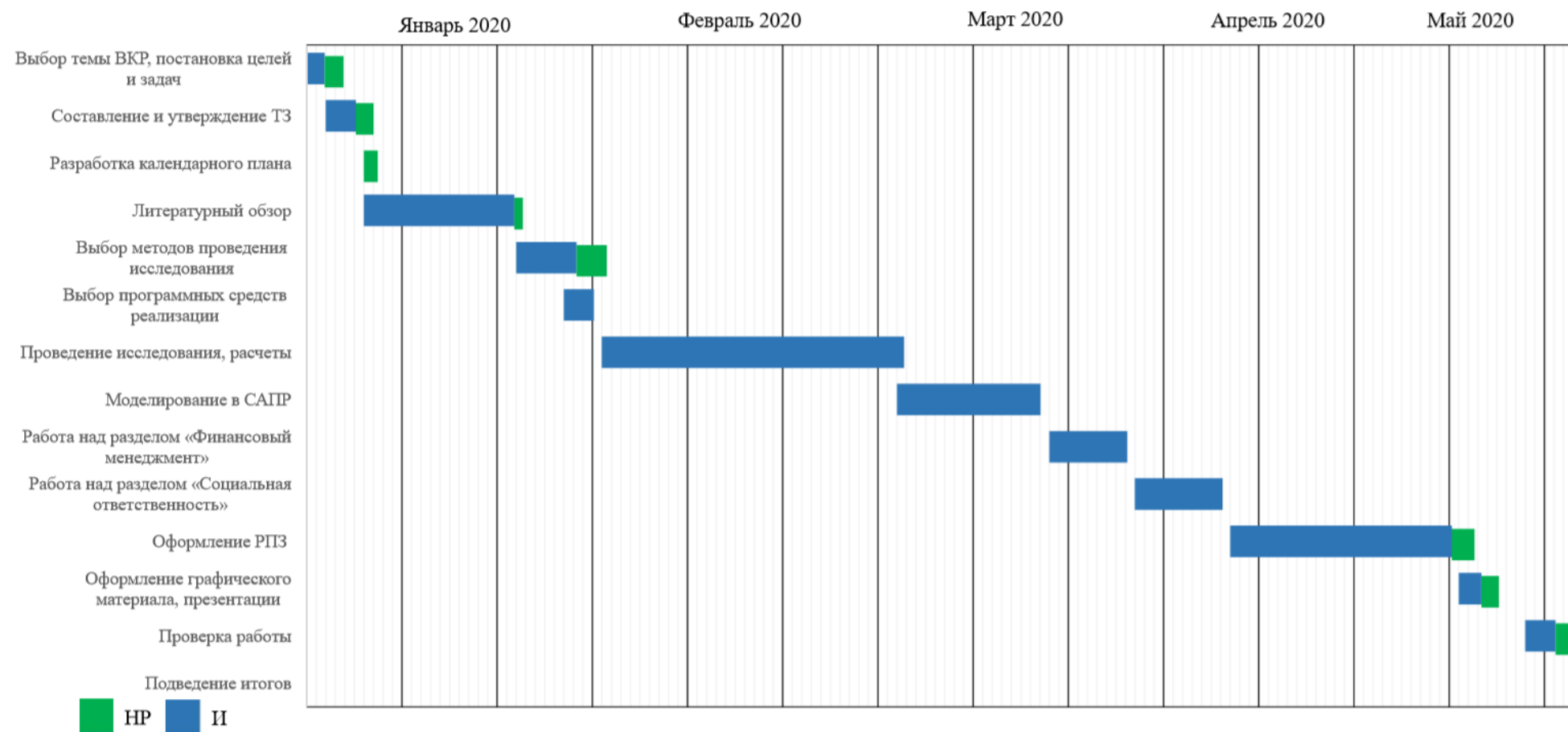
По формулам (1) – (3) проведем расчет, данные занесем в таблицу 25.

Т а б л и ц а 25 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел. – дни			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Выбор темы ВКР, постановка целей и задач	И, НР	1	2	1,4	1,65	1,54	1,98	1,88
Составление и утверждение ТЗ	И, НР	2	3	2,4	1,54	2,64	1,85	3,17
Разработка календарного плана	НР	0,5	2	1,1	1,21	0	1,45	0
Литературный обзор	И, НР	10	15	12	0,77	13,2	0,92	15,8
Выбор методов проведения исследования	И, НР	4	6	4,8	2,64	5,28	3,17	6,35
Выбор программных средств реализации	И	2	3	2,4	0	2,64	0	3,17
Проведение исследования, расчеты	И	22	27	24	0	26,4	0	31,75
Моделирование в САПР	И	11	12	11,4	0	12,54	0	15,08
Работа над разделом «Финансовый менеджмент»	И	5	8	6,2	0	6,82	0	8,2
Работа над разделом «Социальная ответственность»	И	5	10	7	0	7,7	0	9,2
Оформление РПЗ	И, НР	16	20	17,6	1,98	19,36	2,38	23,29
Оформление графического материала, презентации	И, НР	1	3	1,8	1,54	1,98	1,85	2,38
Проверка работы	НР	2	3	2,4	1,98	2,64	2,38	3,17
Подведение итогов	И, НР	1	2	1,4	0,77	1,54	0,93	1,85
Итого				94,8	14,08	104,3	16,9	125,4

По результатам планирования строится диаграмма Ганта, приведенная в таблице 26.

Т а б л и ц а 26 – Линейный график работ



### 3.2 Расчет себестоимости корпуса

Себестоимость корпуса включает материалы и покупные изделия; заработную плату; страховые взносы; общепроизводственные расходы; общехозяйственные расходы; амортизационные и коммерческие расходы.

#### Затраты на оборудование и материалы

Для организации цеха 3Д–печати необходимо закупить оборудование – 3Д–принтер «Hercules Strong DUO», персональный компьютер, остальное оборудование – рабочий стол, верстаки, тумбы в наличии (таблица 27).

Т а б л и ц а 27 – Стоимость оборудования

Наименование	Кол-во, шт	Цена за ед., руб	Сумма, руб.
«Hercules Strong DUO»	1	299000	299000
Персональный компьютер	1	64000	64000
Доставка			2000
Итого			365000

Стоимость покупных изделий и материалов взята из расчета их розничной стоимости, цена указана за единицу продукта, без учета минимальной закупаемой партии.

Т а б л и ц а 28 – Стоимость материалов, стандартных изделий

Наименование	Кол-во	Ед. изм.	Цена за ед., руб	Сумма, руб.
ABS – пластик	0,65	кг.	700	455
HIPS – пластик	1,17	кг.	570	666,9
Лимонен	1,5	л.	1350	2025
Втулка INSERT–PLAST M.3E.08	21	шт.	4,15	87,15
Втулка INSERT–PLAST M.8D.10	8	шт.	6	48
Винт ГОСТ Р ИСО 4762	4	шт.	31,68	126,72
Винт ГОСТ Р ИСО 7046–1	8	шт.	0,19	1,52
Ацетон	0,1	л	190,95	19,1
Всего за материалы				3429,39
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				171,47
Итого по статье затрат С <sub>м</sub>				3600,86

### Заработная плата и страховые взносы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату оператора, обслуживающего 3Д–принтер (подготовка параметрической модели к печати, подготовка принтера, контроль во время печати) и слесаря механосборочных работ. Расчет основной заработной платы на один корпус пульта выполняется на основе величины часовой оплаты и коэффициентов, принятых экономическим отделом на 2020 год на предприятии-изготовителе корпуса прототипа. За норматив берется сумма 249 руб./час. Нормирование времени представлено в таблице 21.

Т а б л и ц а 29 – Затраты на заработную плату и социального страхования

Исполнитель	Ставка, руб./час	Затраты времени, час	Основная ЗП, руб.	Доп. ЗП, руб.	Фонд оплаты, (С <sub>зп</sub> ) руб.	Соц. страхование, (С <sub>соп</sub> ) руб.
Оператор	249	1,5	634,95	67,94	702,89	215,08
Слесарь	249	3,29	1392,66	149,01	2933,67	897,70
Итого			2027,61	216,95	3636,56	1112,78

### Расчет амортизационных расходов

Проведем расчет амортизации используемого оборудования по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{OB} \cdot t_{pф} \cdot n}{F_d}, \quad (5)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{pф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Расчёт амортизационных затрат приведён в таблице 30.

Т а б л и ц а 30 – Расчет амортизации

Наименование оборудования	Годовой фонд времени, $F_D$	Фактическое время работы оборудования, $t_{pf}$ , час	$H_A$	$C_{OB}$	$C_{AM}$
Персональный компьютер	2424	1	0,33	64000	8,73
3Д–принтер	2424	171	0,7	299000	14765
Итого					14773

### Расчет общей себестоимости корпуса

Общепроизводственные расходы (ОПР) включаются в себестоимость производимых предприятием изделий, направленные на обслуживание вспомогательных и основных производств. В ОПР входят: оплата электроэнергии, приобретение инвентаря и материалов, необходимых для наладки оборудования.

ОПР определяем по формуле:

$$\text{ОПР} = \frac{O_{3П} \cdot K_p}{100}, \quad (6)$$

где  $O_{3П}$  – основная заработная плата, руб.;

$K_p$  – коэффициент распределения, рассчитывается из косвенных затрат и показателя ОПР, на предприятии–изготовителя прототипа принят  $K_p=4,59$ .

К общехозяйственным нуждам относят: расходы на содержание непроизводственных зданий, выплаты коммунальным службам; расходы на охрану труда; оплату командировок; расходы представительского характера; канцелярские, банковские расходы и пр. Базой для распределения на предприятии–изготовителе принята оплата труда работников производства.

ОХР определяются по формуле:

$$\text{ОХР} = O_{3П} \cdot K, \quad (7)$$

где  $K$  – коэффициент,  $K=0,94$ .

Определим общую себестоимость, данные внесем в таблицу 31.



Т а б л и ц а 31 – Себестоимость корпуса

Статья затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	3600,86
Фонд оплаты труда	3636,56
Отчисления на социальное страхование	1112,78
Общепроизводственные расходы (ОПР)	9306,73
Общехозяйственные расходы (ОХР)	1905,95
Коммерческие расходы	723,83
Амортизационные отчисления	14773
Итого	35059,72

Себестоимость изготовления корпуса с помощью 3Д–печати составила 35059,72 рублей, без учета конечной стоимости сборки устройства, процента на прибыль и НДС.

Прибыль от реализации проекта принимается в размере от 5 до 25 % от полной себестоимости. Примем, что прибыль составит 25% от себестоимости изделия, и равна 8764,93 рубля.

Рассчитаем налог на добавленную стоимость (НДС). На 2020 год НДС составляет 20% от стоимости изделия, которая складывается из себестоимости и прибыли. Цена корпуса без НДС составила 43824,65 рубля, цена с НДС – 52589,6 рублей.

### 3.3 Оценка экономической эффективности проекта

В ходе выполненного проекта были достигнуты следующие результаты, влияющие на экономическую эффективность:

1) Применение 3Д–печати для производства корпуса позволило перестроить технологический процесс. Исключены процессы, связанные со специализированным оборудованием – ленточной пилой, станком с ЧПУ, фрезерным станком, печи для термической обработки и пр. оборудованием.

2) Снижены затраты на техническое обслуживание, амортизационные отчисления и фонд заработной платы.

## 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Раздел включает в себя описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при производстве корпуса пульта управления с помощью 3Д–печати. Корпус пульта предназначен для размещения в нем печатных узлов антенного устройства, органов управления.

Цель раздела:

1) Выявление возможных вредных и опасных производственных факторов процесса производства корпуса, включающих: подготовку параметрической модели к печати с помощью персонального компьютера, печать на 3Д–принтере, химическую обработку распечатанных деталей, слесарных операций с применением паяльной станции.

2) Разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия на здоровье работников, занимающихся производством изделия и эксплуатацией оборудования.

Производственный участок 3Д–печати разделен на несколько помещений по функциональному назначению: отдел разработки и цех 3Д–печати; цех механической обработки; сборочный цех. Отдел разработки и цех 3Д–печати размещены в одном помещении, так как FDM–технология не имеет особых требований к помещениям и специальной фильтрации воздуха. В этом отделе размещено рабочее место с компьютером, на отдельном столе – 3Д–принтер. В цехе механической обработки расположены два верстака, на которых удаляется материал поддержки с помощью растворителя, проходит механическая обработка распечатанных деталей с помощью паяльной станции. Местные вытяжки над каждым рабочим местом. В сборочном цехе проходит окончательная сборка корпуса с помощью стандартных крепежных изделий. Во всех помещениях освещение смешанное, помещения оборудованы системами отопления и кондиционирования воздуха для эффективной приточно–вытяжной вентиляции.

## **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности называется рабочим временем. Согласно статье 100 Трудового кодекса РФ, режим рабочего времени предусматривает продолжительность рабочей недели, продолжительность ежедневной смены, время начала и окончания работы, время перерывов в работе. Согласно статье 91 ТК РФ продолжительность рабочего дня работников составляет 8 часов в день и 40 часов в неделю. Привлечение к сверхурочным работам предусмотрены в статье 99 ТК РФ, работа в нерабочие праздничные дни допускается в случаях, предусмотренных статьей 112 ТК РФ.

Согласно статье 114, 115 ТК РФ работникам предоставляются ежегодные отпуска с сохранением места работы (должности) и среднего заработка. Ежегодный основной оплачиваемый отпуск предоставляется работникам продолжительностью 28 календарных дней.

Получение, хранение, передача или любое другое использование персональных данных работника подразумевает обработка персональных данных (статья 85 ТК РФ). Обработка данных проводится в целях обеспечения соблюдения законов, содействия работникам в трудоустройстве, обучении и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников. Все персональные данные получают от первого лица, в случае передачи информации от третьих лиц – письменное уведомление работника об этом. Работодатель не имеет права получать информацию о политических, религиозных убеждениях, частной жизни работника. Работник имеет право на защиту своих данных, а также может разрабатывать меры по защите совместно с работодателем (статья 86 ТК РФ). Лица, виновные в нарушении норм обработки персональных данных

могут быть привлечены к дисциплинарной, материальной, к гражданско-правовой, административной и уголовной ответственности (статья 90 ТК РФ).

Систему нормирования труда и заработной платы предприятия разрабатывают самостоятельно, основываясь на ТК РФ. При составлении норм труда соблюдены режим труда и отдыха. Уровень заработной платы не может быть ниже минимальной, сумма зарплаты зависит от трудовых достижений работника, но не ограничена максимальным размером; на уровень зарплаты влияет квалификация сотрудника, сложность труда, условия, вредность.

Объем работы или обязанностей, которые сотрудник должен выполнить за установленную единицу времени называется нормой труда. На основании этой нормы работодатель внедряет тарифную, сдельную или почасовую оплату труда. Работа, выполненная сверх нормы должна быть оплачена по завышенным расценкам, либо выплачена в качестве премии.

При выплате заработной платы работодатель обязан в письменной форме извещать каждого работника о ее составных частях, размерах и основаниях произведенных удержаний, и об общей сумме, подлежащей выплате.

Если в компании имеются рабочие места, труд на которых по итогам соответствующей аттестации, на основании Постановления Правительства РФ от 20.11.2008 № 870 «Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда» признан вредным или опасным, работодатель обязан предоставлять работникам, трудящимся на таких местах, определенные гарантии и льготы. Если работник принят на работу с вредными условиями труда, то помимо прочих условий в его трудовом договоре должны быть установлены:

- 1) трудовая функция (работа по должности в соответствии со штатным расписанием, профессии, специальности с указанием квалификации; конкретный вид поручаемой работы);

2) режим рабочего времени, если он отличается от общих правил на предприятии; условия оплаты труда;

3) компенсации за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда, если сотрудник принимается на работу в соответствующих условиях, с указанием характеристик условий труда на рабочем месте (статья 57 ТК РФ).

Работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, работодатель обязан производить повышенную оплату труда; установить сокращенную продолжительность рабочего времени – не более 36 часов в неделю (статья 92 ТК РФ); максимально допустимая продолжительность ежедневной смены не может превышать: при 36-часовой рабочей неделе – 8 часов, при 30-часовой рабочей неделе и менее – 6 часов (статья 94 ТК РФ). Работодатель обязан так же предоставить ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск, минимальная продолжительность которого не менее 7 календарных дней (статья 117 ТК РФ). Замена дополнительного отпуска за работу во вредных условиях труда денежной компенсацией не допускается (статья 126 ТК РФ). Постановлением Правительства РФ № 870 определены минимальные размеры повышения заработной платы – не менее 4% тарифной ставки (оклада), предусмотренной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Работникам так же положены: медицинские осмотры (обязательные предварительные и периодические); обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты (ст. 219 ТК РФ); обеспечение смывающими и обезжиривающими средствами; молоко и лечебно-профилактическое питание (статья 222 ТК РФ); льготная пенсия; ограничение труда женщин и несовершеннолетних во вредных условиях.

#### **4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны с ПЭВМ**

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и другие) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям (ГОСТ 12.2.032–78).

Основные требования к организации рабочего места пользователя ПЭВМ изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой от 1,5 до 2,0 метров. Так как в офисном помещении расположено одно рабочее место с компьютером, эти нормы выполняются.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от края, обращённого к пользователю или на специальной, регулируемой подставке.

Тип рабочего стула (кресла) должен выбираться в зависимости от характера и продолжительности работы с ПЭВМ с учётом роста пользователя. Рабочий стул должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. Регулировка высоты и угла наклона сиденья должна быть независимой, легко осуществляться и иметь фиксацию. Поверхности элементов стула должна быть с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, которое легко очищается.

## 4.2. Производственная безопасность

### Анализ вредных и опасных факторов, возникающих при изготовлении изделия с помощью 3Д-печати

В таблице 32 приведены вредные и опасные факторы, возникающие при разработке, изготовлении изделия с помощью 3Д-печати и его эксплуатации.

Т а б л и ц а 32 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплуа- тация	
1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ 12.1.005–88 СанПиН 2.2.4.3359–16 СНиП 23–05–95* СанПиН 2.2.4.1191–03 ГОСТ 12.1.007–76 ГОСТ Р МЭК 61140–2000 ГОСТ 12.1.044–2018 ГОСТ 2768–84
2. Повышенная или пониженная влажность воздуха	+	+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		
4. Повышенная контрастность	+	+		
5. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+		
6. Длительность сосредоточенного наблюдения	+			
7. Монотонность работы	+	+		
8. Токсичное воздействие веществ		+		
9. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание. Поражение электрическим током	+	+	+	
10. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов		+		

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 площадь на одно рабочее место пользователей ПК составляет 6,5 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>3</sup> объема на одного человека. В помещении с ПЭВМ и 3Д–принтером, площадью 7,5 м<sup>2</sup> работает один человек, следовательно, нормы по площади и объему выполняются.

### ***Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны***

Нарушение температурного режима воздуха в рабочей зоне может возникать из-за неправильной работы элементов отопления, вентиляции, а также конструктивных особенностей помещения – больших окон, щелей в стенах и углового расположения на ветреной стороне. Нарушение температурного режима приводит к дискомфорту сотрудников, быстрой утомляемости, повышает риск заболевания.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и связана с нервно–эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата:

– холодный период года:

- 1) температура воздуха не более 22–24°C;
- 2) относительная влажность 40–60%;
- 3) скорость движения воздуха 0,1 м/с.

– тёплый период года:

- 1) температура воздуха не более 23–25°C;
- 2) относительная влажность 40–60%;
- 3) скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Для минимизации действия этих факторов необходимо настроить систему местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты, регламент времени работы. Средствами индивидуальной защиты от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спец. обувь, средства защиты рук, головные уборы.



### ***Повышенная или пониженная влажность воздуха***

Нарушения норм влажности воздуха может возникать при авариях на водопроводах и канализационных трубах, неправильной работой приточно-вытяжной вентиляции, сквозняками, нарушение теплового баланса из-за плохой теплоизоляции здания. При повышенной влажности в производственных помещениях на поверхностях станков и оборудования, внутри движущихся механизмов образуется конденсат. Это может вызвать коррозию и привести к поломкам. Избыточная влажность приводит к образованию плесени и грибка, которые провоцируют аллергические реакции у человека. Пониженная влажность в помещении приводит к пересыханию слизистых оболочек горла, носа, вызывает сухость глаз и кожных покровов, вызывает дискомфорт. В результате у работника снижается работоспособность и иммунитет.

При температуре воздуха на рабочих местах более 25 °С, допустимые величины относительной влажности воздуха не должны превышать пределы:

- 70 % – при температуре воздуха 25 °С;
- 65 % – при температуре воздуха 26 °С;
- 60 % – при температуре воздуха 27 °С;
- 55 % – при температуре воздуха 28 °С.

Для минимизации воздействия пониженной и повышенной влажности настраивают систему вентиляции, применяют соответственно дополнительные увлажнители и осушители воздуха.

### ***Отсутствие или недостаток естественного света***

На рабочих местах должно быть естественное освещение, согласно санитарным нормам (СП 52.13330.2016, СНиП 23–05–95\*). Не всегда при строительстве и планировании производственных помещений есть возможность разместить оборудование в помещении с окном. При наличии окон так же возникает проблема недостаточной освещённости – небольшой размер оконного проема, загрязнение, наличие препятствий проникновения света – зданий, деревьев. При отсутствии окон в помещении устанавливают искусственное

освещение, а также применяют организационные меры, позволяющие уменьшить уровень вредности условий труда: сокращение времени пребывания работников в таких помещениях, профилактическое ультрафиолетовое облучение. В помещениях с недостаточной освещённостью можно принять следующие меры: расширить оконные проемы, помыть окна; снести деревья, использовать искусственные источники света.

Недостаточное освещение влияет на остроту зрения, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость нервной системы, приводят к головным болям, нарушениям биоритмов.

Естественное освещение какой-либо точки в помещении характеризуется коэффициентом естественной освещённости (КЕО). Норма КЕО для рабочего места исследователя – не менее 0,9 % согласно СНиП 23–05–95\*.

Помещения с размерами представлены в таблице 33. Высота потолка  $H=3$  метра. Высота рабочей поверхности  $h_{pn} = 0,8$  м. Требуется создать освещённость  $E = 300$  лк. Светильник ШОД,  $\lambda=1,3$ . Коэффициент отражения стен  $R_c = 50$  %, потолка  $R_n = 50$  %. Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$ . Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Т а б л и ц а 33 – Основные параметры производственных помещений

Параметр/ помещение	Длина, А м	Ширина, В м	Площадь, S м <sup>2</sup>
Отдел разработки	3,35	2,1	7,035
Цех механической обработки	2,45	4,096	10,04
Сборочный цех	4,357	2,204	9,6

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h \quad (8)$$

где  $\lambda$  – интегральный критерий оптимальности расположения светильников;

$h$  – высота светильника над рабочей поверхности, м; определяется по формуле:

$$h = H - (h_c + h_p), \quad (9)$$

где  $h_c$  – высота свеса лампы от потолка помещения, м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности от пола, м.

Приняв  $h_c = 0,3$  м, по формуле (9) получим:

$$h = 3 - (0,3 + 0,8) = 1,9 \text{ м};$$

По формуле (8) получим:

$$L = 1,3 \cdot 1,9 = 2,47 \text{ м}.$$

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3 = 0,82$  м.

В отдел разработки размещаем светильники в два ряда, по одному светильнику типа ШОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м). Количество ламп  $N=4$  шт. В цех механической обработки – три светильника с количеством ламп  $N=6$  шт., в сборочный цех – два светильника с двумя лампами и один светильник с одной лампой,  $N=5$  шт.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} \quad (10)$$

Находим индекс помещения для отдела разработки, отдела механической обработки и цеха сборки, по формуле (10):

$$i_1 = \frac{7,035}{1,9 \cdot (3,35 + 2,1)} = 0,68;$$

$$i_2 = \frac{10,04}{1,9 \cdot (3,35 + 2,1)} = 0,97;$$

$$i_3 = \frac{9,6}{1,9 \cdot (3,35 + 2,1)} = 0,93.$$

По таблице 11 [14] определяем коэффициент использования светового потока  $\eta_1=0,31$ ;  $\eta_2=0,36$ ;  $\eta_3=0,35$ .

Световой поток одной лампы:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (11)$$

где  $E_n$  – нормированная минимальная освещенность,  $E_n = 300$  лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $Z=1,1$ ;

$K_3$  – коэффициент запаса,  $K_3=1,5$ ;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока;

$N$  – число ламп в помещении.

По формуле (11) получим:

$$\Phi_1 = \frac{300 \cdot 7,035 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{4 \cdot 0,31} = \frac{3482,33}{1,24} = 2808 \text{ лм.}$$

$$\Phi_2 = \frac{300 \cdot 10,04 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{6 \cdot 0,36} = \frac{4969,8}{2,16} = 2300 \text{ лм.}$$

$$\Phi_3 = \frac{300 \cdot 9,6 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5 \cdot 0,35} = \frac{4752}{2,1} = 2262 \text{ лм.}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу; в первое помещение – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_c - \Phi_p}{\Phi_c} \leq 20\%$$

Для цеха разработки:

$$-10\% \leq 1,47\% \leq 20\%$$

Для цеха механической обработки:

$$-10\% \leq 19\% \leq 20\%$$

Для сборочного цеха:

$$-10\% \leq 4,7\% \leq 20\%$$

Отклонение значения светового потока выбранной лампы от расчетного находится в пределах от минус 10% до плюс 20%.

Мощность осветительной установки:

$$P = N \cdot P_{\text{л}}, \quad (12)$$

где  $P_{\text{л}}$  – мощность одной лампы, Вт.

Определяем электрическую мощность осветительных установок по формуле (12):

$$P_1 = 4 \cdot 40 = 160 \text{ Вт};$$

$$P_2 = 6 \cdot 40 = 240 \text{ Вт};$$

$$P_3 = 5 \cdot 40 = 200 \text{ Вт}.$$

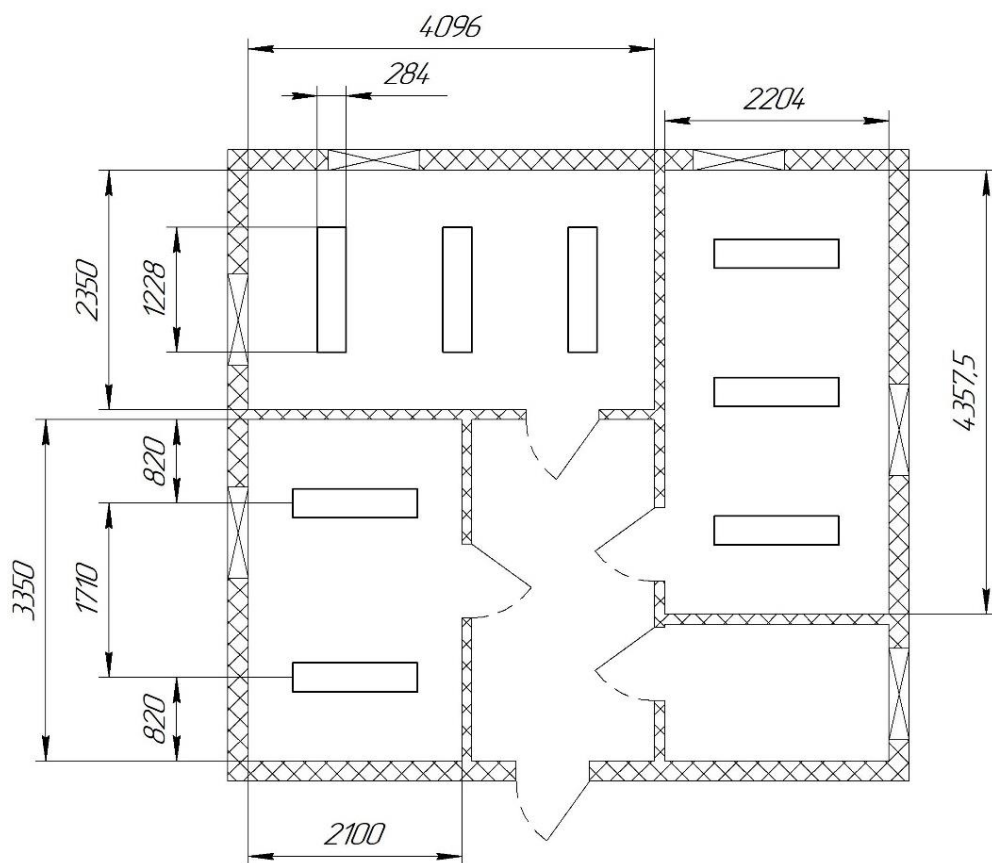


Рисунок 42 - План размещения светильников с люминесцентными лампами

### ***Повышенная контрастность***

Разница между яркостями объекта и фона, отнесенная к яркости фона, называется контрастом. Контраст между деталями и фоном, который в наибольшей степени определяет видимость объекта, не всегда является заданным и может быть увеличен или уменьшен средствами освещения и созданием световой среды (применения искусственного светлого фона, если объект светлый). Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – от 0,7 до 0,8; для стен – от 0,5 до 0,6; для пола – от 0,3 до 0,5. Яркость объектов в поле зрения (потолок, стены, окна, мебель, светильники, прочее оборудование) не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>; Излишне повышенная контрастность вызывает зрительное напряжение и быструю усталость глаз.

### ***Повышенный уровень электромагнитных излучений***

Основными источниками электромагнитного излучения являются монитор (боковые и задние стенки) и системный блок. Основные симптомы, возникающие при длительном воздействии повышенного уровня электромагнитного излучения – раздражительность, быстрая утомляемость, ослабление памяти, нарушения сна, общая напряжённость.

Т а б л и ц а 34 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Меры защиты от ЭМИ: ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия; рациональное (с точки зрения безопасности) размещение монитора по отношению к пользователю; размещение силовых кабелей, блоков питания на возможно большем удалении от пользователей.

### ***Длительность сосредоточенного наблюдения***

Источником возникновения длительного сосредоточенного наблюдения может быть напряженная и длительная работа в режиме считывания информации с ПЭВМ.

Длительность сосредоточенного наблюдения, измеряется в процентах, от времени смены – чем больше процент времени отводится в течение смены на сосредоточенное наблюдение, тем выше напряженность. Общее время рабочей смены принимается за 100 %.

Т а б л и ц а 35 – Длительность сосредоточенного наблюдения для разных классов условий труда

Показатель тяжести	Классы условий труда			
	Оптимальная (легкая физическая нагрузка)	Допустимый (средняя физическая нагрузка)	Вредный (тяжелый труд)	
			1 степени	2 степени
	1	2	3.1	3.2
Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	до 25	26-50	51-75	более 75

Длительность сосредоточенного наблюдения в процентах следующим образом классифицирует этот показатель: до 25 % от продолжительности рабочей смены – оптимальные условия труда, от 26 до 50 % – допустимые, от 51 до 75 % – напряженный труд 1-й степени, а при длительности сосредоточенного наблюдения более 75 % условия труда следует относить ко 2-й степени напряженности.

Нервная напряженность труда должна быть минимальной; длительность сосредоточенного наблюдения не должна превышать 25 % сменного времени.

### ***Монотонность работы***

Монотонностью называется свойство некоторых видов труда, требующих от человека длительного выполнения однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок.

Последствиями монотонного труда являются: снижение работоспособности и производительности труда; ухудшение функционального состояния организма работающих; повышенная заболеваемость; снижение творческой инициативы; производственный травматизм. Критериями

монотонности труда является повторяемость трудовых приемов и действий в единицу времени, продолжительность операции и уровень ее сложности.

Т а б л и ц а 36 – Критерии для оценки монотонности труда

Особенности операции	Степень монотонности			
	I	II	III	IV
Повторяемость (в час)	До 180	181–300	301–600	600
Продолжительность,	100	46–100	45–20	19–2
Количество элементов	10	10–6	5–3	2–1

Для минимизации воздействия монотонности труда необходимо разрабатывать мероприятия, к которым относятся:

- автоматизация однообразного ручного труда;
- оптимизация содержания труда, темпа и ритма работы;
- совмещение профессий и чередование операций;
- внедрение рациональных режимов труда и отдыха с введением 5–минутных регламентированных перерывов через каждый час работы с целью снятия фактора;
- рациональная организация рабочего места;
- ведение в режим рабочего дня комплексов производственной гимнастики, функциональной музыки.

### ***Токсичное воздействие веществ***

При производстве корпуса пульта используются вредные вещества, которые при работе с ними могут вызвать токсическое воздействие на организм человека – растворитель лимонен (D-Limonene) и ацетон.

Показателем для применения вещества является предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (далее – ПДК). ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая



работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. ПДК ацетона – 200 мг/м<sup>3</sup>, лимонена – 66,7 мг/м<sup>3</sup>.

Токсическое действие ацетона связано с наркотическим влиянием на центральную нервную систему, прижигающим действием на слизистую оболочку дыхательных путей и органов пищеварения. Лимонен попадая на кожу и слизистую дыхательных путей может вызывать раздражения, аллергические реакции.

Меры по минимизации фактора: применение местной и общей вентиляции, сокращение времени пребывания работника в рабочей зоне с токсическими веществами. К средствам индивидуальной защиты можно отнести: очки с боковой защитой, защитные перчатки и одежду. Аппарат для защиты органов дыхания необходим при образовании аэрозоля и тумана.

***Повышенное значение напряжения в электрической цепи,  
замыкание. Поражение электрическим током***

В производственных помещениях для производства корпуса пульта находится электроприборы (системный блок, монитор, 3Д–принтер, паяльная станция), использующие однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Поражение человека электрическим током может произойти в при однофазном прикосновении незащищенного от земли человека к незащищенным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением; при прикосновении к незащищенным частям при нарушении изоляции; при в коротком замыкании в блоке питания компьютера, 3Д–принтера, блоке развертки монитора.

Поражение человека электрическим током может привести к электрическому ожогу, механическим повреждениям тканей, воспалениям наружных оболочек глаз, фибрилляции сердца, остановке дыхания и смерти. Характер воздействия электрического тока на человека приведен в таблице 37.

Т а б л и ц а 37 – Характер воздействия электрического тока на организм человека

Ток, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток	Постоянный ток
0,6–1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2–3	Сильное дрожание пальцев рук	
5–7	Судороги в руках	Зуд. Ощущение нагрева
8–10	Руки с трудом можно оторвать от электродов, сильные боли в пальцах и кистях рук	Усиленный нагрев
20–25	Паралич рук, неотпускающее действие тока. Сильные боли. Дыхание затруднено.	Сильный нагрев. Незначительное сокращение мышц рук.
50–80	Остановка дыхания. Начало фибрилляции дыхания	Сокращения мышц. Судороги, затруднения дыхания.

Для напряжения до 400 – 500 В более опасным считается переменный ток, для напряжения свыше 500 В – постоянный.

К коллективным методам защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей, оградительные и предохранительные устройства, тормозные устройства и блокировки, сигнализаторы опасности, опознавательная окраска и знаки безопасности, а также малые напряжения, электрическое разделение сетей, контроль и профилактика повреждений изоляции; защитное заземление, зануление, двойная изоляция, защитное отключение.

К средствам индивидуальной защиты относят: изолирующие штанги; изолирующие электроизмерительные клещи; диэлектрические перчатки; слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками; указатели напряжения; диэлектрические коврики и изолирующие подставки.

### ***Пожаровзрывоопасность веществ и материалов***

Под пожаровзрывоопасностью веществ и материалов понимают совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв. К пожаровзрывоопасным веществам на производстве корпуса относятся лимонен и ацетон. Температура вспышки лимонена 51 С°, нижний предел взрывоопасности 39 г/м<sup>3</sup>, верхний пределе 345 39 г/м<sup>3</sup>, температура самовоспламенения 245 С° на 99,544 Па. В случае горения лимонена могут образоваться: окись углерода (СО), диоксид углерода (СО<sub>2</sub>)

Температура вспышки ацетона минус 18 °С; температура самовоспламенения 500 °С; температурные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний – минус 20 °С, верхний плюс 6 °С; концентрационные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний – 2,2 % (по объему), верхний –13 % (по объему).

Взрыв и пожар могут привести к тепловым травмам кожных покровов, механическим травмам органов слуха, зрения, а также травмам конечностей вследствие резкого хлопка или возгорания.

Для минимизации воздействия данного фактора следует применять следующие организационные меры: все работы с пожаровзрывоопасными веществами и материалами должны проводиться с использованием приточно–вытяжной вентиляции вдали от огня и источников искрообразования. Соблюдать нормы хранения материалов. При сливо–наливных операциях необходимо соблюдать правила защиты от статического электричества на производствах.

### **4. 3 Экологическая безопасность**

В РФ существует федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 N 7–ФЗ, определяющий правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды. Согласно этому закону, загрязняющие вещества и объекты, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, делятся на несколько категорий. При производстве корпуса пульта

используются следующая техника, вещества и материалы по этой классификации: к I классу относятся люминесцентные лампы, монитор; ко II – классу опасности, системный блок, включающий в себя печатные платы с пайкой олово-свинец; к III классу относятся растворители, ацетон; к IV классу опасности все прочие твердые бытовые отходы (оргтехника, 3Д–принтер, макулатура). Согласно статье 22 10.01.2002 N 7–ФЗ нормативы допустимых выбросов, нормативы допустимых сбросов не рассчитываются для объектов III, IV категории.

Для хранения отходов I и II класса опасности должно быть выделено отдельное закрытое помещение. На это помещение требуется оформить документы согласно СанПиН 2.1.7.1322–03. Отходы должны быть упакованы: I класса опасности – в специальных герметичных емкостях (контейнерах, бочках, цистернах). Металлические контейнеры должны быть проверены на герметичность, толщина стенки контейнера должна быть не менее 10 мм, скорость коррозии материала не должна превышать 0,1 мм/год. Отходы I класса опасности должны удаляться с территории предприятия в течение суток II класса опасности – в надежной закрытой таре (герметичных полиэтиленовых мешках, пластиковых пакетах); III класса опасности – в бумажных, текстильных, хлопчатобумажных мешках.

Согласно 08.08.2001 № 128–ФЗ утилизировать списанную офисную и бытовую технику, люминесцентные лампы, оформленные как отходы, имеет право только организация, имеющая лицензию на сбор, использование, обезвреживание, транспортирование, размещение отходов 1–4 класса опасности. Соответственно, все отходы, относящиеся к этим классам опасности, утилизируем с помощью специальных организаций.

В люминесцентных лампах содержится ртуть, и поэтому они относятся к особо опасной категории отходов. ртуть может загрязнять большие территории земли. При попадании в землю происходит накопление метилртути. Огромные концентрации могут образовываться в атмосфере, почве, биосфере и,

просачиваясь в грунтовые и сточные воды, оказываясь в водоемах, что впоследствии пагубно влияет на здоровье человека, животных и растений. Максимальное количество отравляющих веществ находится в морепродуктах, которые обитают в водоёмах с подобным загрязнением. Очень опасно для человека образование ртутных паров. В организме могут накапливаться высокие дозы токсичного вещества, которые провоцируют отравление. У предприятия должен быть составлен договор по утилизации, согласно действующим нормам. Хранение и перевозку люминесцентных ламп осуществляют в специальных боксах закрытого типа.

Неправильная утилизация оргтехники или простой выброс на свалку загрязняет экологию. В комплектующих деталях содержатся черные и цветные металлы, пластик и стекло. Все это можно использовать во вторичной переработке. Для безопасной утилизации офисной техники разработана «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники (от 19 октября 1999г.).

Этапы переработки офисной техники: вывоз оргтехники с предприятия; разборка на составные части; сортировка деталей по материалам – стекло, пластик, металлы и пр.; отправка на вторичную переработку; переработка электронных деталей происходит на аффинажных заводах, где проводят химическую очистку тяжелых и драгметаллов, в том числе золота; обезвреживание и уничтожение отходов повышенной опасности (при необходимости). Аффинажный завод обязан выдать паспорт о содержании драгметаллов в принятой на аффинаж технике.

К методам переработки и утилизации твердых бытовых отходов относят: сжигание, компостирование, вторичную переработку, захоронение на полигонах. Захоронение на полигонах является самым распространенным в мире методом утилизации отходов. Этот метод применяют к несгораемым отходам и

к отходам, которые при горении выделяют токсичные вещества. Компостирование используется для переработки органических отходов.

Для 3Д-печати используется ABS-пластик, который разлагается от 100 до 500 лет. Основной путь использования отходов пластмасс – это повторное использование. Эксплуатационные затраты по основным способам утилизации отходов не превышают затрат на их уничтожение. Положительной стороной утилизации является производство новых изделий для различных отраслей, и соответственно, не происходит повторного загрязнения окружающей среды. По этим причинам утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы использования пластмассовых отходов.

К основным способам утилизации отходов пластических масс относятся:

- 1) термическое разложение путем пиролиза;
- 2) разложение с получением исходных низкомолекулярных продуктов;
- 3) вторичная переработка;
- 4) захоронение (депонирование) изделий и отходов, не пригодных соответственно для повторного использования и вторичной переработки.

Основными способами вторичной переработки ABS-пластика служат термическая обработка и измельчение. Полимер допускает термическую переработку с небольшой потерей оригинальных свойств, но из-за незначительной деструкции приобретает желтый оттенок. При добавлении других веществ в состав ABS, материал получает полезные характеристики, например, при добавлении поликарбоната (PC) материал получает увеличенный диапазон рабочих температур, ударную прочность. Вторичный материал используется для производства корпусов телевизоров, электроинструментов, автомобилей, садовой пластиковой мебели и др.

В технологическом процессе используется растворитель, который опасен для гидросферы. Токсичное вещество может приводить к загрязнению грунтовых вод, воды рек и озер. Опасны не только первичные загрязнения

поверхностных вод, но и вторичные, образовавшиеся в результате химических реакций веществ в водной среде. Поэтому при работе с растворителем необходимо соблюдать меры безопасности: держать вещество дальше от канализации, поверхностных и грунтовых вод. Сохранять использованный лимонен для утилизации. Утилизируют растворители несколькими способами: захоронение в специальных контейнерах, на оборудованных полигонах; сжигание материалов без отходов.

Переработка макулатуры снижает необходимость в вырубке лесов для производства различных видов бумаги и картона. Под макулатурой понимают все изделия из бумаги, которые могут быть использованы в качестве сырья для вторичного производства, в них входят: литые формы из целлюлозной массы, отходы упаковочного картона, различные бумажные втулки и гильзы. Для переработки макулатуры не требуется лицензия или специальное разрешение. Макулатура всех видов проходит несколько этапов обработки, их число зависит от качества исходного материала и назначения полученного сырья. К примеру, для выпуска низкосортного картона используют первичный роспуск и грубую очистку, превращение отходов в туалетную бумагу требует полного цикла переработки.

На первом этапе макулатуру превращают в целлюлозную массу: сортировка по маркам (цвету, степени загрязнения, длине волокон целлюлозы); резка и измельчение; замачивание и первичный роспуск; очистка от примесей. На втором этапе: вторичный роспуск; тонкая очистка от примесей; химическая и механическая обработка. Третий этап включает в себя дополнительную обработку, она в разных производствах отличается. Пульпу избавляют от красителей и повышают бумагообразующие свойства: нагрев; измельчение; отбеливание; очищение от запаха и микроорганизмов; изменение химического состава с помощью реагентов; добавление древесной целлюлозы; окрашивание. На финальной стадии такой обработки сырье готово для производства бумаги высокого качества.

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При работе с персональным компьютером, электроинструментом и оборудованием может возникнуть пожар. Наиболее частыми причинами пожаров являются: нарушение режимных требований; неосторожное обращение с огнем; самовозгорание и самовоспламенение взрывоопасных веществ и материалов; неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования; повреждение и пробой изоляции; токовые перегрузки элементной базы и проводников; разряды статического и атмосферного электричества; взрывы паров, газов; нарушение технологических инструкций.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности, являются: пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения и термического разложения; дым; пониженная концентрация кислорода. К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся: осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций; токсичные вещества и материалы; электрический ток; опасные факторы взрыва.

По степени взрывопожарной и пожарной опасности помещение с ПЭВМ относится к категории В. Необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного плана. Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотными огнетушителями типа ОУ–2 или ОУ–5; пожарной сигнализацией; датчиками дыма; в некоторых случаях, автоматической установкой объемного газового пожаротушения, систематическое выполнение противопожарных работ. К пожарно–профилактическим мероприятиям относятся: регулярный контроль исправности защитных устройств и аппаратов на электрооборудовании, постоянный контроль за надлежащей эксплуатацией электроустановок и электросетей; надзор за выполнением правил технической эксплуатации электрических устройств;



проверка знаний противопожарной безопасности; пожарно–техническая проверка для выявления состояния объектов представителями пожарного надзора с последующим выполнением предписаний и приказов; проверка наличия и исправности первичных средств пожаротушения; проведение учебных тревог и эвакуаций персонала.

При возникновении пожара:

- 1) обесточить помещение при помощи главного рубильника (автомата) силовой сети;
- 2) сообщить в пожарную охрану по телефону 01, 101 или 112 и администрации;
- 3) принять меры к эвакуации людей и тушения загорания при помощи первичных средств пожаротушения. При угрозе жизни – покинуть помещение.

### **Вывод**

В результате проделанной работы определены опасные и вредные факторы в производственных помещениях при производстве корпуса пульта управления с помощью 3Д–печати. Установлено влияние объекта на окружающую среду, влияние растворителя лимонена на гидросферу. Предложены методы утилизации твердых бытовых отходов, оргтехники, макулатуры, люминесцентных ламп. Помимо этого, определены возможные чрезвычайные ситуации, пожарно–профилактические мероприятия и действия при пожаре.

Полученные результаты раздела будут применены при реализации участка 3Д–печати на базе томского предприятия, разрабатывающих средства связи и антенно–мачтовых устройств. Рабочее место с ПЭВМ, рабочее место для механической обработки и сборки корпуса соответствуют нормативно–технической документации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В магистерской диссертации был проведен анализ существующих конструкций корпусов пультов, предназначенных для управления подъемными устройствами (кран–балки, подъемные мачты); анализ технологического процесса изготовления прототипа и выбор альтернативного способа производства. Предложен метод 3Д–печати изготовления корпуса пульта для мелкосерийного или штучного производства. Проведен обзор аддитивных методов изготовления, выбор технологии и материала для печати, разработана конструкция и параметрическая модель корпуса для 3Д–печати, рассмотрены этапы технологического процесса и подготовка параметрической модели к печати, сделан подбор основного и вспомогательного оборудования, компоновка цеха. Проведен анализ безопасности труда производства изделия.

Увеличение эффективности этапов ЖЦ достигается за счет сокращения времени подготовки к производству, сокращения затрат на материалы и заработную плату, в соответствии с этим можно сделать вывод, что поставленные в работе задачи решены в полном объеме, а цель исследования достигнута.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Производство изделий из полимерных материалов: Учеб.пособие/ В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. СПб.: Профессия, 2004. – 464 с., ил.
- 2 Мелкосерийное литье пластмасс и резины в силиконовые формы. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://can-touch.ru/vacuum-casting/>, свободный. [Дата обращения: 12.01.2020].
- 3 Литье в силиконовые формы. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://3Dvision.su/services/lite-plastmass/v-silikonovye-formy/>, свободный. [Дата обращения: 12.01.2020].
- 4 А.С. Килов, К.А. Килов Производство заготовок. Листовая штамповка: Серия учебных пособий из шести книг. Книга 2. Получение заготовок из листового материала и гнутые профили: - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 182 с.
- 5 О.Н. Гончарова, Ю.М. Бережной, Е.Н. Бессарабов, Е.А. Кадамов, Т.М. Гайнутдинов, Е.М. Нагопетьян, В.М. Ковина. Аддитивные технологии – динамично развивающееся производство // Инженерный вестник Дона № 4. 2016.
- 6 Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.
- 7 Алюминиевая плита Д16, В95. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://almet.ru/alyuminii/alyuminievaja-plita/alyuminievaja-plita-d16.html>, свободный. [Дата обращения: 22.01.2020].
- 8 Прототип корпуса для электроники: вырастить или фрезеровать? [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/promwad/blog/192532/>, свободный. [Дата обращения: 04.02.2020].

9 3d технологии: сравнение FDM, SLA и SLS. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://getfab.ru/post/45977/>, свободный. [Дата обращения: 04.02.2020].

10 Технологии 3D-печати. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ixbt.com/printer/3Д/3Д\\_tech.shtml](https://www.ixbt.com/printer/3Д/3Д_tech.shtml), свободный. [Дата обращения: 07.02.2020].

11 Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechat.html>, свободный. [Дата обращения: 09.02.2020].

12 Десять правил подготовки модели к 3D печати. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/196182/>, свободный. [Дата обращения: 20.03.2020].

13 Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

14 Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.

## **Приложение А**

(рекомендуемое)

### **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

*на проектирование корпуса пульта управления для изготовления*

*по аддитивной FDM–технологии*

#### **1 НАИМЕНОВАНИЕ, ИСПОЛНИТЕЛЬ И ЗАКАЗЧИК РАБОТЫ**

1.1. Наименование работы: Проектирование корпуса пульта управления для изготовления по аддитивной FDM–технологии.

1.2. Заказчик работы: Томский Политехнический Университет, Инженерная школа новых производственных технологий.

1.3. Исполнитель работы: магистрант группы 4НМ8Т Миронова Екатерина Александровна.

#### **2 ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ, НАИМЕНОВАНИЕ И ИНДЕКС ИЗДЕЛИЯ**

2.1. Цель работы:

2.1.1. Разработка технических решений по разработке пульта управления для обслуживания антенно–мачтовых устройств.

2.1.2. Разработка технических решений по разработке применения аддитивной технологии при изготовлении пульта.

2.1.3. Разработка технических решений по монтажу существующей компонентой базы пульта в корпус, изготовленный с помощью аддитивной FDM–технологии.

2.1.4. Разработка жизненного цикла изготовления изделия.

2.2. Наименование изделия: «Корпус пульта управления»

2.3. Индекс изделия: не присваивается.

#### **3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

3.1. Требования по составу:

3.1.1. В ходе выполнения работы по разработке технических решений по разработке пульта управления должны быть описаны технические решения, на которых основана разработка элементов корпуса пульта управления.

3.1.2. Состав изделия определен в соответствии с назначением пульта управления:

- крышка;
- основание;
- крышка батарейного отсека.

### 3.2. Требования назначения

3.2.1. Корпус пульта управления входит в состав пульта управления. Корпус предназначен для монтажа в нем органов управления, соединения, элементной базы и иных покупных элементов. Пульт управления предназначен для управления элементами антенно-мачтового устройства.

3.2.2. Корпус пульта управления должен обеспечивать:

- размещение оборудования пульта согласно спецификации головного изделия;
- размещение батарейного отсека;
- возможность демонтажа элементов пульта;
- крепление погона ружейного;
- безопасность использования и невозможность случайного нажатия элементов управления пульта;
- возможность монтажа соединителей типа РБМ;
- герметичность корпуса в собранном виде в головном изделии;
- возможность монтажа панели индикации;
- возможность монтажа антенны беспроводной связи;
- возможность монтаж информационных табличек.

3.2.3. Корпус пульта управления должен содержать в себе элементы для фиксации пульта при хранении в транспортном положении.

3.2.4. Корпус пульта управления должен иметь следующие технические характеристики:

- габариты корпуса пульта должны быть: ширина не более 350 мм; высота не более 180 мм;
- глубина не более 220 мм.
- масса не более 1,5 кг.
- материал изготовления – пластик ABS;
- технология изготовления – аддитивная FDM;

### 3.3. Требования к живучести и стойкости к внешним воздействиям

3.3.1. По условиям эксплуатации и использования должно соответствовать требованиям по воздействию внешних факторов классификационной группе 1.4.1 климатического исполнения «О» по ГОСТ РВ 20.39.304.

### 3.4. Требования транспортабельности

3.4.1. Разрабатываемый корпус пульта управления должен допускать возможность его самостоятельной фиксации при транспортировании.

## 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1. По результатам технико-экономической оценки деталей корпуса пульта управления должны быть уточнены технико-экономические требования к изделию:

- ориентировочную стоимость подготовки и освоения серийного производства изделия;
- ориентировочную стоимость изделия;

4.2. При выполнении комплекса работ необходимо пользоваться последней редакцией ГОСТов, СТО ТПУ 2.5.01–2006 и других нормативных документов на момент утверждения настоящего ТЗ.

## 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Результатом работы являются отчетные материалы, включая:

- научно-технический отчет;

– проект технического задания на разработку корпуса пульта управления.

5.2. Исполнитель предоставляет:

- научно–технический отчет;
- проект технического задания;
- рабоче–конструкторская документация;
- эксплуатационная документация.

Представляются в подлинниках в 5 экз., утвержденных руководителем, консультантами и руководителем ООП и в электронном виде на CD носителе в формате doc, docx, cdw.



## Приложение Б

(обязательное)

### Increasing the efficiency of technological processes in the life cycle of the case remote control

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Миронова Екатерина Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дронов В.В.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Забродина И.К.	к.пед.н.		

## **Introduction**

Remote control is an electronic device used to operate another device from a distance. Structurally, the remote control is a complete device consisting of a case, a printing unit, controls and a power source. Remote controls are used for both controlling household electronic equipment and special equipment in production, industrial robots, cranes, aircraft models, etc. The remote control can be used in any other devices that have an electronic control.

Nowadays, there are many types of remote controls and they vary: by type of power (stand-alone or wired), on mobility (stationary, wearable); over the communication channel (mechanical, wired, radio, infrared), etc.

In this work the case was considered, which is used in special-purpose remote controls such as remote controls for crane beams, remote controls for lifting masts operating via radio and cable connections.

The main materials for the cases are plastic or metal. Plastic cases, available in the market, vary in shape, size and price. The advantages of plastic cases include lightweight, lower cost compared to metal cases. The disadvantages are poor heat dissipation, combustibility, lack of shielding effect, etc.

The advantages of metal cases are strength, heat dissipation, shielding of electromagnetic waves. The disadvantages of metal cases are the higher price and weight compared to plastic cases. Also, the inability to transmit radio waves and sophisticated metal processing technology may be a disadvantage.

## **1 Manufacturing methods and materials for cases**

### **1.1 Plastic injection molding**

Injection molding is used to produce most plastic products. In injection molding, polymer granules are first melted and then injected under pressure into a mold, where the liquid plastic cools and solidifies [1].

Different components, which vary in physical parameters, are used for plastic injection molding:

1) Low-density polyethylene is characterized by rapid melting. After cooling, it crystallizes and changes hardness. It is required to observe a certain pressure and provide the most uniform heating of the mold.

2) High-density polyethylene, in comparison with low-density polyethylene, has better crystallization and a lower degree of fluidity in the molten form. Plastic Injection Molding of this type is widely practiced to obtain products with thin walls and also sufficient structural rigidity is provided.

3) Polypropylene – characterized by crystallinity, which does not exceed 60%. The process is carried out under reduced pressure and a sufficiently high plasticization temperature, which, depending on the grade of material and can reach 280 °C.

4) Polystyrene, high impact polystyrene allows manufacturing products that have structural rigidity and thin walls. Polymer is sensitive to over heating.

5) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS–plastic) characterized by high viscosity in the molten state, differs in difficult processing and requires high pressure. It is used for the manufacture of parts with thin walls, but unlike polystyrene, ABS–plastic has high rigidity and resistance to shock.

6) Polyvinyl Chloride is easy to process, sensitive to temperature conditions and loses properties when overheated.

7) Polyamide, polycarbonate, polyethylene terephthalate, etc.

The advantages of the technology are: high precision of the finished product; the possibility to obtain the parts of any complexity; subsequent machining of the product is not required; unlimited number of finished products, due to the long service life of the metal mold. However, this technology has several disadvantages that lead to the choice of other options for the production of the case: the high cost of equipment and preparatory work, the development and production of molds, test castings, unprofitable manufacture in single copies or in small batch [2].

## **1.2 Vacuum casting in silicone molds**

Using vacuum molding in silicone molds, prototypes, prototypes, as well as small batches of plastic products without the use of metal tools can be made. The mold is manufactured by pouring silicone into the formwork with the master model located inside.

Limited production of vacuum casting in silicone molds has certain features and consists of several stages:

- 1) The production of product prototype.

- 2) Preparing of master pattern. It is product prototype prepared for the production of a casting mold. The master pattern determines the quality of the entire circulation; therefore serious requirements are put forward for its development.

- 3) Silicon mold manufacture for casting. The prototype with the gate system is placed in a special formwork and fixed in it. Silicone is poured into the system obtained in a vacuum, which is subsequently polymerized according to a certain technological mode.

- 4) Test casting and completion of the mold. The modernization of the silicone matrix mainly consists of improving the gate system and the channels for removing air from the mold during pouring.

- 5) Silicon mold production.

- 6) Plastic model production.

Polyurethane is used for casting in silicone molds. Mechanical properties of polyurethane allow using it in machines parts and mechanisms which are under high load. Polyurethane imitates ABS plastic and polyvinylchlorids, possesses impact resistance and bending strength, can be dyed.

The advantages of this method include the possibility of manufacturing complex designs of cases, ease of use of silicone molds. The disadvantages include the inability to cast parts, including thin-walled elements, and also short cycle of using these forms.

### **1.3 Sheet-metal stamping**

Cold metal stamping provides the formation of complex configuration details from the metal sheet using plastic deformation processes. Metal stamping is used to produce a batch of metal cases for radio electronic equipment. This technology is applied for small sheet thicknesses and in the case of ductile alloys. If stamp thick metal sheet (from 5 mm) or low flow alloys than metal sheet is heated to increase the elasticity. There are two types of stampings, cold stamping and hot stamping, depending on the temperature applied to the material to be deformed.

The manufacturing process of the case usually consists of several operations: 1) cutting metal or punching on a coordinate punch press; 2) metal bending if necessary; 3) welding; 4) installation of threaded hardware and special fasteners.

There are several types of welding: semi-automatic welding in a carbon dioxide environment; argon-arc welding of aluminum alloys with alternating current and stainless steel - with direct current; contact welding.

The base metals for the case production by sheet metal stamping are: various steel grades (carbon steel grades 10.15 GOST 1050-60; high-quality structural boiling steel grades 05kp, 08kp, 15kp and other stainless steel); aluminum, aluminum-magnesium alloys; plastics (thermosetting and thermoplastics) – polyethylene (GOST 16338–70); polystyrene, polypropylene, fluorine plastic, vinyl plastic (GOST 9639–71).

The advantages of this technology are: high performance, manufacturing accuracy, lack of welds and bolts; the possibility of manufacturing rigid and durable thin-walled parts of simple or complex shapes, which are impossible (difficult) to obtain in other ways; low surface roughness of details due to the source material; the resulting details practically do not require machining.

It is suitable for products manufactured in large batches. For medium, small and ultra-small series, this method is too expensive, because it has a high complexity process designing, the high cost of preparation for production – the manufacture of the die matrix and punch, as well as the inclusion of additional operations in the process.

## **1.4 Milling**

This technology is to remove excess metal from the workpiece, to obtain parts of the desired shape, size, and surface roughness.

Milling process can be horizontal, vertical and is used for inclined planes, shaped surfaces, ledges and grooves of various profiles.

It is customary to distinguish between rough and finish milling. When rough milling, the processing is carried out with the maximum allowable cutting conditions to select the largest amount of material in a minimum time. In this case, as a rule, leave a small allowance for subsequent finishing. Finishing milling is used to obtain parts with final dimensions and high quality surfaces.

The shape of the machined surface and the type of milling cutter distinguish the following types of milling:

- 1) Milling planes with cylindrical or face mills;
- 2) Slotting with disk and groove, angle cutters and end;
- 3) Milling trunnions with hollow mills;
- 4) Thread milling with comb and disc threaded milling cutters;
- 5) Profile milling with profile or copy method;
- 6) Milling of teeth with disk modular, finger and worm mills and many other works.

As a rule, in modern factories, milling occurs on numerically controlled machines (CNC). Material processing on a CNC machine allows increasing accuracy, increasing productivity, reducing the percentage of rejects, and also setting up production of serial parts with a complex geometric surface in large quantities.

Nevertheless, there are two main restrictions for all types of machining on CNC machines: almost every detail has to be processed in several stages, which often requires several passes to remove material and reinstall parts; all processing depends on the direction of the cutting tool supply.

For such processing type, a certain orientation of the processed workpiece is necessary, which is not always possible at each stage of the manufacturing process. The main disadvantage of milling is the high cost.

### **1.5 3D–printing**

The 3D–printing process builds a three-dimensional object from a computer–aided design (CAD) model, usually by successively adding material layer by layer that is why it is also called additive manufacturing.

In contrast to traditional technologies for manufacturing parts by subtracting material from a workpiece, the use of additive technologies implies building the part by adding layer by layer to obtain the finished product. If when processing according to traditional technologies for processing parts, material waste sometimes exceeds 70%, then when using additive technologies, this indicator tends to zero.

Using additive technologies Additive Manufacturing, all stages of the project from idea to materialization (in any form - in an intermediate or in the form of finished products) are in a «friendly» technological environment, in a single process chain in which each process step is also performed in a digital CAD / CAM / CAE system. In practice, this means a real transition to «paperless» technologies, when traditional paper drawing documentation is not required for the manufacture of a part.

#### **Prehistory of Solid Freedom Fabrication**

The predecessors of modern Solid Freeform Fabrication are photosculpture and topography.

#### **Topography**

In 1890, Blanthier suggested a layered method for making a mold for topographical relief maps [3]. The method consisted of impressing topographical contour lines on a series of wax plates and cutting these wax plates on these lines. This process is shown in Figure 1.

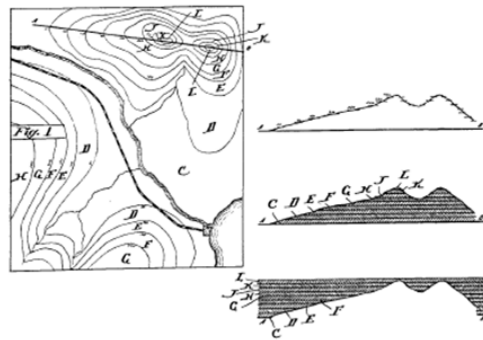


Figure 1 – Blather patent to fabricate 3D relief map with layered method

This idea has found practical application in Lamination Object Manufacturing – layer-by-layer laminating or bonding thin sheet materials while the thickness of the sheets is 0,051– 0,25 mm. In 1979, Professor Nakagawa of Tokyo University began to use lamination techniques to produce actual tools such as blanking tools [4], press forming tools [5], and injection molding tools [6].

### Photosculpture

A photographic sculpture introduced in the 19th century can create accurate three-dimensional copies of any object. François Willem created one such technology in 1860. The object was placed in a room and photographed by 24 cameras at the same time, located around the circumference of the room. This process can be seen in Figure 2. Then, the inventor cut out the 1/24 cylindrical part of the figure, using the silhouette of each photograph in Figure 3.



Figure 2 – 1860's photosculpture





Figure 3 – Solid reproduction from Willème' sphotosculpture

In 1935, Isao Morioka [7] developed a hybrid process between photosculpture and topography. This method uses structured light (black and white bands of light) to photographically create contour lines of an object

In 1951, Munz [8] proposed a system that has features of present day stereolithography techniques. He disclosed a system for selectively exposing a transparent photo emulsion in a layer wise fashion where each layer comes from a cross section of a scanned object. This system is shown in Figure 4.

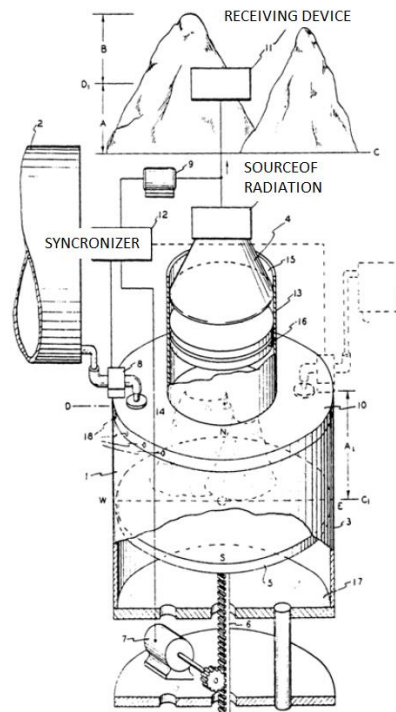


Figure 4 – Photopolymertechnique

In 1968 Swainson [9] proposed a process to directly fabricate a plastic pattern by selective, three dimensional polymerization of a photosensitive polymer at the intersection of two laser beams.

Housholder (1979) [10] presented the earliest description of a powder laser sintering process in a patent. He discussed sequentially depositing planar layers and solidifying a portion of each layer selectively. The solidification can be achieved by using heat and a selected mask or by using a controlled heat scanning process.

3D–printing of cases is used for the manufacture of prototypes, test samples, single products or small series. After printing, the body can be processed: grinding, primer, painting, gluing, varnishing.

The choice of 3D printing technologies depends on the following criteria:

- 1) Cost;
- 2) Productivity;
- 3) Surface quality of the received model;
- 4) Stability of the model material;
- 5) Level of detail;
- 6) The complexity of post-processing parts;
- 7) Reliability, delivery time of consumables and spare parts;
- 8) Availability of technical support in the region;
- 9) Service cost.

Among the many additive manufacturing methods that differ by the method of applying the layers and the consumables used, the following technologies are suitable for the manufacture cases of radio electronic equipment: selective laser sintering (SLS), production of solid models through the polymerization of liquid materials – stereolithography (SLA), layer–by–layer printing (FDM).

Consider several different 3D–printing technologies that can be used to create cases.

SLA (Stereo Lithography Apparatus). Technology using laser to cure layer–upon-layer of photopolymer resin. The laser beam tracks the pattern of the parametric

model and cures it. In this case, the platform is lowered by one layer thickness. The process is repeated until the full construction of the 3D model. To build a model, supporting structures are required, which are then removed mechanically. Models can be machined and used as patterns for injection molding, thermoforming or other casting processes [11].

SLA-technology allows you to print large models with high accuracy. The surface of the parts is smooth, amenable to processing; it can be grinded and painted. Fragile models are not suitable for screwing in screws or checking housings for latches.

Selective Laser Sintering (SLS) technology allows you to create a prototype due to layer-by-layer powder reflow. Equipment for SLS-printing is equipped with large construction cameras (up to 750 mm), which makes it possible to produce large products or entire batches of small objects in one printing session. No support material required: the process is virtually waste-free, unused material can be reused for printing. Prototypes, created according to SLS technology, allow assembly tests of cases using hinges, latches and various nodes. The lack of technology is a more complex surface treatment [11].

FDM (Fused Deposition Modeling) – technology of layer-by-layer polymer thread cultivation. The details of such a body can be glued together. The disadvantages of this technology is the average surface quality, compared with SLA-technology, the need for finishing.

Nowadays, there are many materials adapted for FDM-printing: ABS, PLA, Nylon, PVA, TPE, Flexible, PETG, Polycarbonate, etc. The most common of them are ABS and PLA plastics.

ABS is a high-impact technical thermoplastic resin based on a copolymer of acrylonitrile with butadiene and styrene. This plastic is opaque, easily painted in different colors. ABS-plastic dissolves in acetone, which allows not only gluing parts from ABS, but also smoothing an uneven surface with acetone. ABS is tougher than PLA and therefore retains its shape under heavy loads. Disadvantages of ABS-plastic are instability to ultraviolet radiation, heat shrinkage, fragility.

Polycarbonate (PC) is quite solid polymer that retains its properties in the temperature range from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . It has high light transmission and is often used as a substitute for glass, and as it has a lower specific mass and a higher refractive index, it is ideal for lens production. When polycarbonate is added to ABS-plastic, strength characteristics are achieved - the density of the material, the bending and tensile strengths are increased.

PLA-plastic or polylactic acid is a vegetable-based plastic material, which commonly uses cornstarch as a raw material. This material is a thermoplastic aliphatic polyester and it is the primary natural raw material used in 3D-printing. PLA is a fully biodegradable thermoplastic polymer consisting of renewable raw materials. Among all 3D-printing materials, PLA is part of the most popular materials used for additive manufacturing. PLA material has numerous advantages, and that is precisely why this is the most used plastic material for desktop 3D-printers. PLA filaments come in a lot of different shades, styles that can fit many different applications. This plastic material is especially efficient [12].

Nylon is a synthetic thermoplastic linear polyamide. Nylon is used for a variety of applications, including clothing, reinforcement in rubber material like car tires, for use as a rope or thread, and for many injection-molded parts for vehicles and mechanical equipment. It is exceptionally strong, relatively resistant to abrasion and moisture absorptivity, long lasting, resistant to chemicals, elastic, and easy to wash. Nylon is often used as a substitute for low-strength metals. It is the plastic of choice for components in the engine compartment of vehicles because of its strength, temperature resilience, and chemical compatibility [13]. Destructible or easily soluble materials are used as materials. The most available option is to use the same material from which the model is created. In this case, after printing, it is necessary to mechanically remove the support, after which the broken place should be polished.

The second option is to use a more fragile material or a material that has a low adhesion to the main one. For example, printers with two extruders can use HIPS- or PVA-plastics as the support material, and ABS, PLA, etc. as the main ones.

HIPS, or High Impact Polystyrene, are a dissolvable support material that is commonly used with ABS. When being used as a support material, HIPS can be dissolved in d-Limonene, leaving your print free of any markings caused by support removal. HIPS have many of the same printing properties as ABS, making it a logical dual extrusion partner. HIPS are not only great for supporting your ABS prints, it is also more dimensionally stable and slightly lighter than ABS, making it a great choice for parts that would end up getting worn out or used in applications that can benefit from the lighter weight [14].

PVA, or Polyvinyl Alcohol, is a soft and biodegradable polymer that is highly sensitive to moisture. When exposed to water, PVA will actually dissolve, which makes it a very useful support structure material for 3D-printing. When printing extremely complex shapes or ones with partially enclosed cavities, PVA supports can be used and easily removed by dissolving in warm water. Standard supports may have been difficult to print or remove in these situations. PVA can also be used as a model material if there is a need to make quick prototypes [15].

## References

- 1 Injection Molding. [Internet - resource]. - Access mode: <https://custompartnet.com/wu/InjectionMolding>, free. [Assessed at: 01.05.2020].
- 2 The manufacturing & design guide. Injection Molding. [Internet - resource]. - Access mode: <https://www.3dhubs.com/guides/injection-molding/>, free. [Assessed at: 01.05.2020].
- 3 Blanthier, J.E., «Manufacture of contour relief maps», US Patent 473,901, 1892.
- 4 Nakagawa, T., Et al, «Blanking tool by stacked bainite steel plates», Press Technique, 93-101, 1979.
- 5 Kunieda, M. and T. Nakagawa, «Development of laminated drawing dies by laser cutting», Bull of JSPE, 1984, pp. 353-354.

6 Nakagawa, T., et al, «Laser cut sheet laminated forming dies by diffusion bonding», Proc 25<sup>th</sup>MTDR Conf, 1985, pp. 505-510.

7 Morioka, I., «Process for manufacturing a relief by the aid of photography», US Patent 2,015,457, 1935.

8 Munz, O.J., «Photo-glyph recording», US Patent 2,775,758, 1956.

9 Swainson, W.K., «Method, medium and apparatus for producing three-dimensional figureproduct», US Patent 4,041,476, 1977.

10 Housholder, R.F., «Molding Process», US Patent 4,247,508, 1981.

11 What is Additive Manufacturing? [Internet - resource]. -Access mode: <https://additivemanufacturing.com/basics/>, free. [Assessed at: 02.05.2020].

12 PLA (Polylactic Acid) Biodegradable Filament. [Internet - resource]. -Access mode: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/pla-definition/>, free. [Assessed at: 0.05.2020].

13 Everything You Need To Know About Nylon (PA). [Internet - resource]. -Access mode: <https://www.creativemechanisms.com/blog/3d-printing-injection-molding-cnc-nylon-plastic-pa>, free. [Assessed at: 02.05.2020].

14HIPS. [Internet - resource]. -Access mode: <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/hips/>, free. [Assessed at: 02.05.2020].

15PVA. [Internet - resource]. -Access mode: <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/pva/>, free. [Assessed at: 01.05.2020].

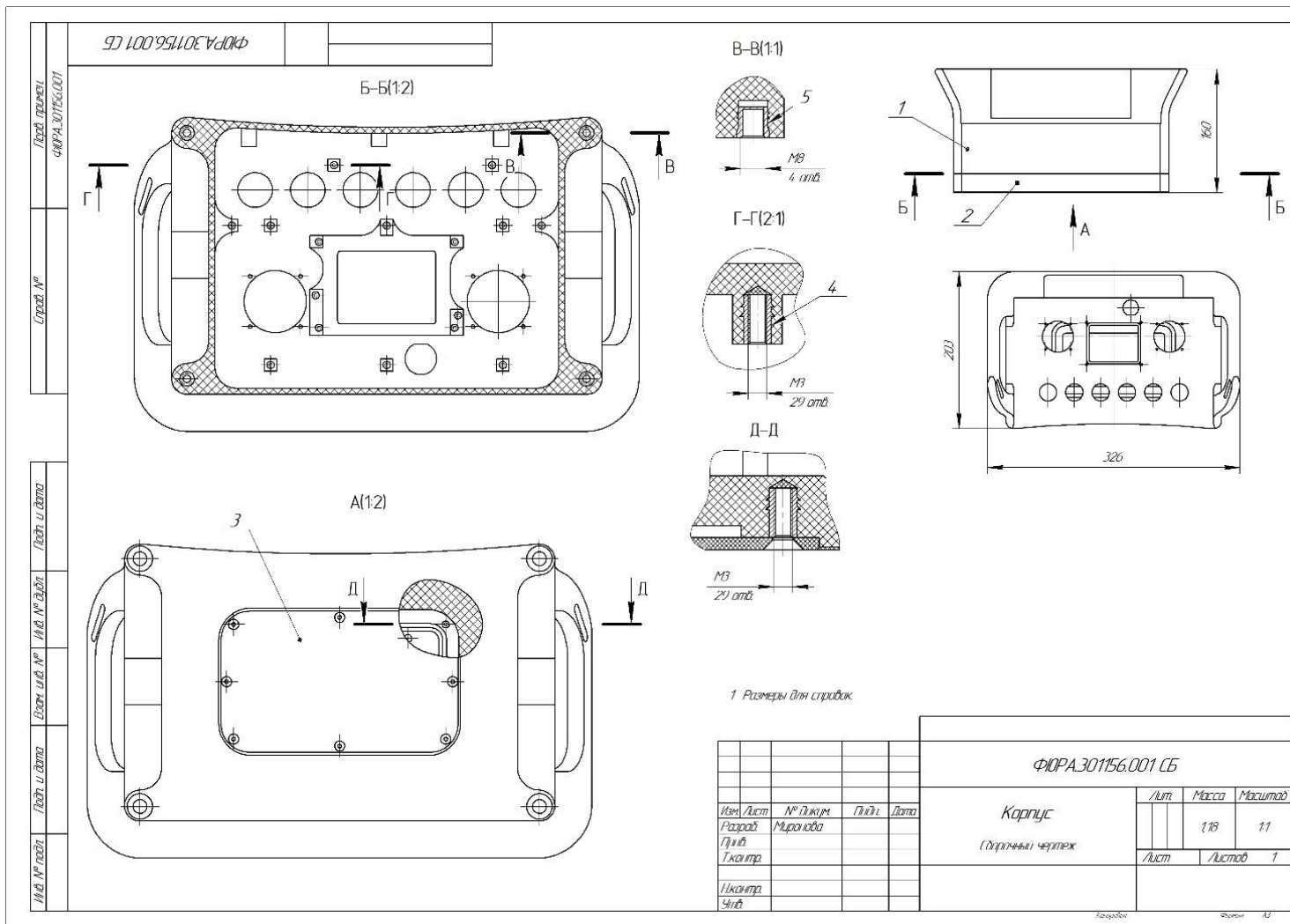
**Приложение В**  
(справочное)  
**ФЮРА.301156.001 Корпус. Спецификация**

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание		
Справ. №									
					Документация				
	A3			ФЮРА.301156.001 СБ	Сборочный чертеж				
					Детали				
	A2	1		ФЮРА.731173.001	Крышка	1			
	A3	2		ФЮРА.731173.002	Основание	1			
Подп. и дата	A4	3		ФЮРА.741125.001	Крышка батарейного отсека	1			
					Прочие изделия				
		4			Втулка резьбовая INSERT-PLAST				
					M3E.08 Specialinsert s.r.l	29			
		5			Втулка резьбовая INSERT-PLAST				
					M8D.10 Specialinsert s.r.l	4			
Инв. № подл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.301156.001			
	Разраб.	МирANOва				Корпус	Лит.	Лист	Листов
	Пров.								1
	Н.контр.								
	Утв.								

Копировал

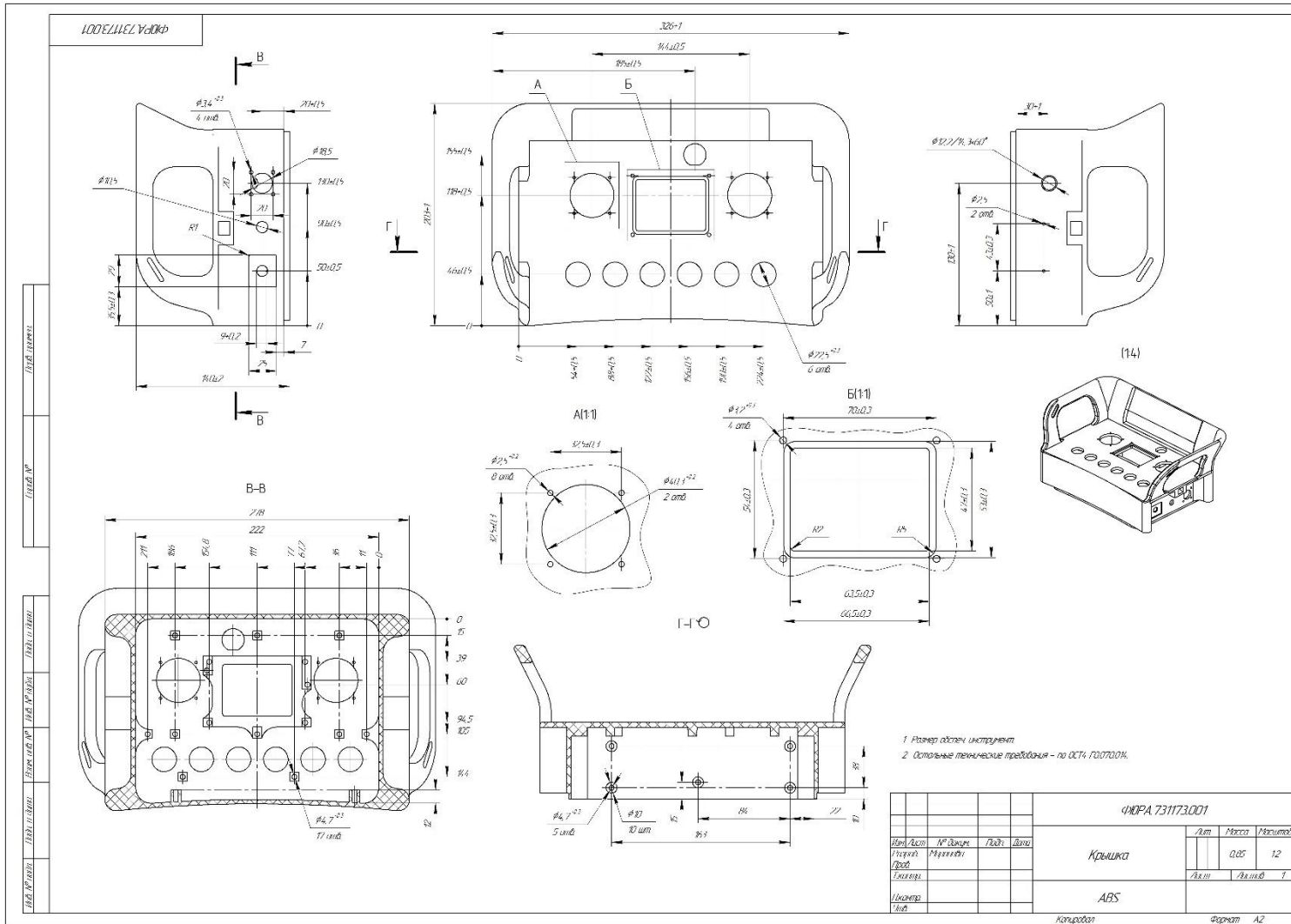
Формат А4

**ФЮРА.301156.001 СБ Корпус. Сборочный чертеж**

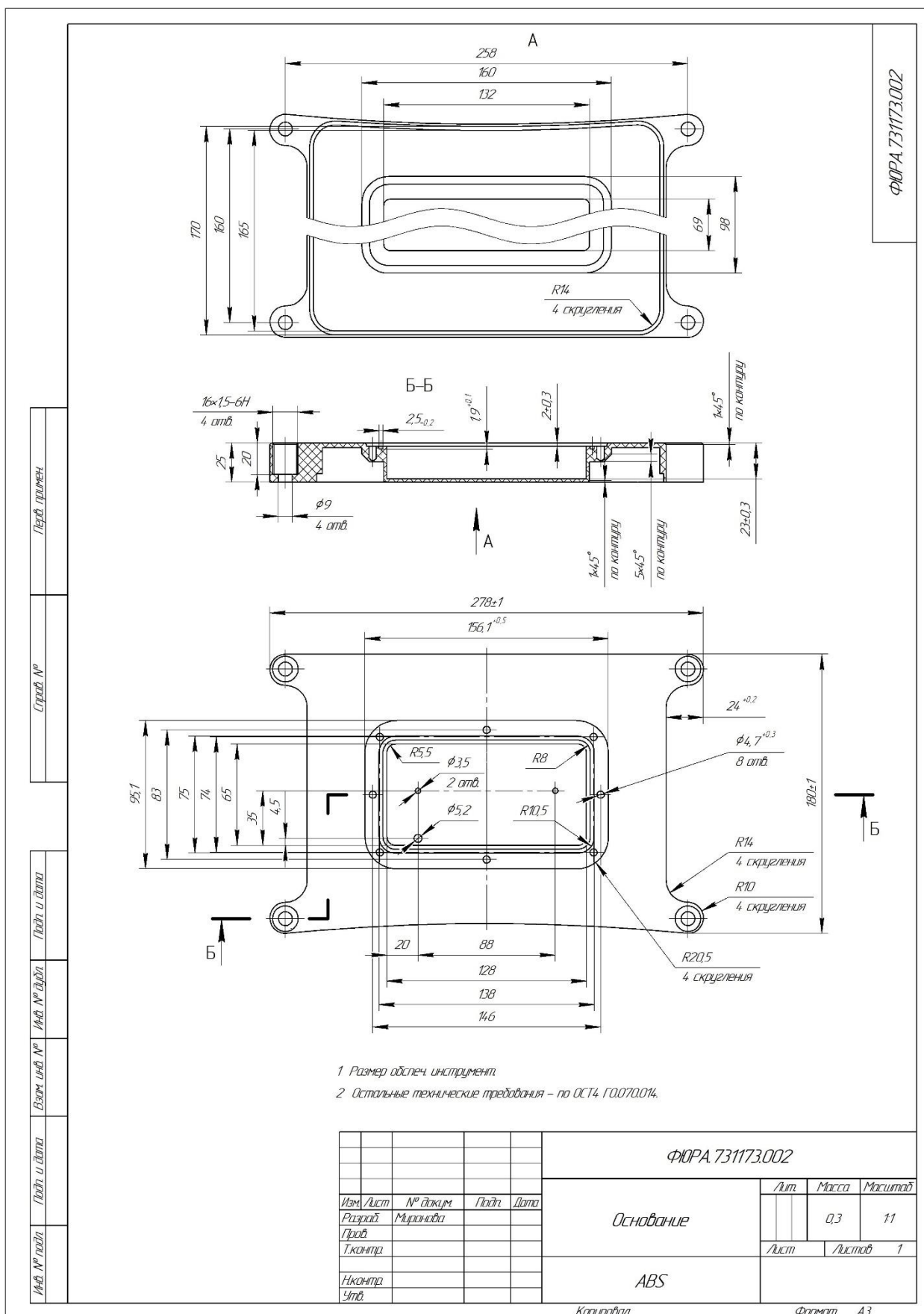




## ФЮРА.731173.001 Крышка. Чертеж детали



# ФЮРА.731173.002 Основание. Чертеж детали



## ФЮРА.731173.003 Крышка батарейного отсека. Чертеж детали

[illegible]